GRANDES VOÛTES

GRANDES VOÛTES

PAR

Paul SÉJOURNÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE DE LA CONSTRUCTION
DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME I

1RE PARTIE — VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I. — DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

PLEINS CINTRES ET ELLIPSES

BOURGES
IMPRIMERIE Vve TARDY-PIGELET ET FILS
15, RUE JOYEUSE, 15

—

1913



A MA MÈRE,

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

AVANT-PROPOS

Est rerum omnium magister usus.
Cœsar. Bell. Civ., II, 8.

On fait une voûte d'après les voûtes faites : c'est affaire d'expérience.

Je présente d'abord la description et l'histoire des ponts qui ont — ou avaient — des arches de 40m et plus de portée, en maçonnerie et en béton, inarticulées et articulées.

C'est un inventaire des grandes voûtes en 1912 : dans les répertoires, il y a place pour le tenir à jour.

Puis viennent les enseignements que donnent ces ponts, — et les autres.

L'Ingénieur chargé de projeter, de construire une voûte, trouvera dans cet ouvrage ce qui a été fait, ce qu'il faut faire, ce qu'il ne faut pas faire.

AVERTISSEMENT

DIVISIONS DE L'OUVRAGE

CLASSEMENT DES PONTS EN SÉRIES ET DANS CHAQUE SÉRIE PAR DATE

TABLEAUX SYNOPTIQUES — MONOGRAPHIES

SUITE, DANS CHAQUE MONOGRAPHIE,

DE FIGURES, PLANCHES, PHOTOGRAPHIES, RENVOIS, SOURCES.

DÉSIGNATION ABRÉGÉE DES MATÉRIAUX

UNITÉS AUXQUELLES ON RAPPORTE LES QUANTITÉS ET DÉPENSES

1. Divisions de l'ouvrage. — Cet ouvrage est ainsi divisé :

1re Partie : Voûtes inarticulées[1]. — Ce sont les voûtes ordinaires, ainsi qualifiées par opposition aux voûtes articulées.

2e Partie : Voûtes articulées.

3e Partie : Ce que l'expérience enseigne de commun à toutes les voûtes.

Appendice : Pratique des voûtes. — Instructions pour projeter et construire. — Ouvrages courants, Viaducs..... — Répertoires. — Tables numériques.....

Dans les 1re et 2e Parties, sont décrits les ponts qui ont — ou qui avaient — des voûtes de 40 m et plus de portée.

2. Classement des Ponts en séries. — J'ai classé par intrados les voûtes inarticulées, par type d'articulation les voûtes articulées.

Ce classement sera détaillé et justifié plus loin.

3. Classement dans chaque série par date d'exécution. — Dans chaque série, les ouvrages sont classés par date. On voit ainsi ce qui, dans un pont, est emprunté à un plus ancien.

4. Tableaux synoptiques. — Monographies. — Les dispositions comparables des ouvrages d'une série sont rapprochées dans des tableaux synoptiques : ainsi groupées, elles instruisent.

1. — On les a quelquefois dites « encastrées » : à proprement parler, elles ne le sont pas.
En histoire naturelle, ce qui n'a pas d'articulation est justement qualifié « inarticulé ».

Viennent ensuite les monographies de chaque ouvrage : on y trouvera ce qui lui est spécial, description, histoire, dessins, photographies.

Pour tous les ponts, on a donné une élévation à la même échelle, 2mm, de l'arche ou des arches de 40m et plus.

Autant qu'on l'a pu, en restant clair, on n'a donné qu'une seule fois chaque indication, soit dans les tableaux synoptiques, soit dans la monographie, soit dans les dessins.

5. Suite, dans chaque monographie, de figures, planches, photographies, renvois, sources.

— Chaque ouvrage a sa suite :

de figures : f_1 f_2.... ;

de planches : Pl_1 Pl_2..... ;

de photographies : Φ_1 Φ_2...... ;

de renvois au bas des pages : [1], [2].... ;

de sources : S_1 S_2.... indiquées à la fin de chaque monographie, quelquefois subdivisées : S'_1, S''_1..... [2].

6. Désignation abrégée des matériaux aux tableaux synoptiques et aux dessins.

Béton				B
Moellons ordinaires	employés en blocage sans préparation spéciale			MO
Moellons ordinaires	choisis (c'est-à-dire avec sujétion)	employés en parement	à joints incertains	MOI
Moellons ordinaires	choisis (c'est-à-dire avec sujétion)	employés en parement	grossièrement disposés par assises horizontales.	MOH
Moellons ordinaires	choisis (c'est-à-dire avec sujétion)	employés en voûte	méplats, lités, prolongeant, soit chaque lit de douelle, soit un lit sur 2, sur 3.	MOV
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Moellons équarris[3]	»		ME
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Moellons équarris[3]	taillés en voussoirs, lits pleins prolongeant exactement ceux de douelle. Joints et face de queue en partie pleins.		MEV
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Moellons d'appareil[4]	Dimensions imposées	»	MA
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Moellons d'appareil[4]	Dimensions imposées	taillés en voussoirs, lits et joints pleins.	MAV
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Libages	Pierre de taille de grand appareil grossièrement équarrie.		L
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Pierre de taille	Blocs appareillés sur les 6 faces. Toutes les dimensions imposées.		PT
Matériaux à face rectangulaire, les 4 arêtes dans un même plan	Briques			Br

2. — On peut ainsi contrôler et apprécier les renseignements donnés.

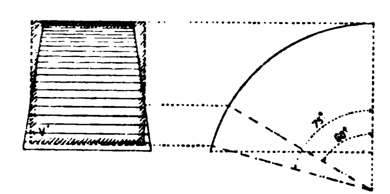
3. — Synonyme : Moellons têtués.

4. — Synonyme : Moellons smillés.

7. Unités adoptées pour comparer les quantités et dépenses.

A. — *Cintres.* — Dans la colonne 14 des Tableaux synoptiques, on a rapporté le cube de bois, le poids de fer et la dépense, au mètre carré de douelle d'une voûte V' à tympans verticaux, exigeant le même cintre.

La largeur uniforme de V' est celle de la voûte considérée :



au joint à 60° de la verticale pour les pleins cintres, les ellipses et les arcs de plus de 120° ;

aux naissances, pour les arcs de moins de 120° ;

c'est-à-dire, pour toutes les voûtes, au joint à partir duquel les voussoirs cessent de pouvoir être soutenus en faisant simplement déborder les couchis.

Comme il convient que les vaux se prolongent jusqu'à l'angle de 75°, on a pris pour surface de douelle celle de la voûte théorique V' :

à partir des angles de 75° pour les ellipses, pleins cintres, arcs de cercle de plus de 150° ;
à partir des naissances pour les arcs de cercle surbaissés de moins de 150°.

B. — *Ouvrage.* — La surface offerte à la circulation, S_p est le produit :

$$S_p = \begin{pmatrix}\text{Longueur totale entre les abouts} \\ \text{des parapets donnée colonne 2}\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}\text{Largeur disponible entre parapets} \\ \text{donnée colonne 3}\end{pmatrix}$$

S_p mesure l'utilité de l'ouvrage.

Soit S_e la surface vue d'élévation entre la voie portée, les murs en aile ou quarts de cône et le terrain naturel ;

Je considère le volume $W = S_e \times$ (Largeur disponible entre parapets).

C'est le volume d'un mur plein ayant même surface d'élévation vue et même largeur utile que l'ouvrage. — Convenons de l'appeler le volume « utile ».

Soient Q et D le cube de maçonnerie de l'ouvrage et sa dépense.

$Q : S_p$ est le cube de maçonnerie à mortier par m. q. de surface horizontale utile. C'est l'épaisseur d'une dalle en maçonnerie de même cube que l'ouvrage et qui aurait même longueur et même largeur utile.

$Q : W$ est le cube de maçonnerie à mortier par m. c. de volume « utile ».

$D : S_p$ est le prix du m. q. de surface offerte à la circulation.

$D : W$ est le prix du m. c. de volume « utile ».

Toutes ces quantités sont données à la colonne 18 des Tableaux synoptiques.

Quand les fondations sont très au-dessus de la vallée, on a donné de plus les rapports $Q : W'$, $D : W'$.

$W' = (S'_e,$ Surface d'élévation au-dessus des fondations$) \times$ (Largeur disponible entre parapets).

W' est le volume « utile » au-dessus des fondations.

Ire PARTIE

VOÛTES INARTICULÉES

PRÉLIMINAIRES

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I

DESCRIPTION DES PONTS
QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES
DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

LIVRE II

CE QUE L'EXPÉRIENCE ENSEIGNE
DE SPÉCIAL AUX VOÛTES INARTICULÉES

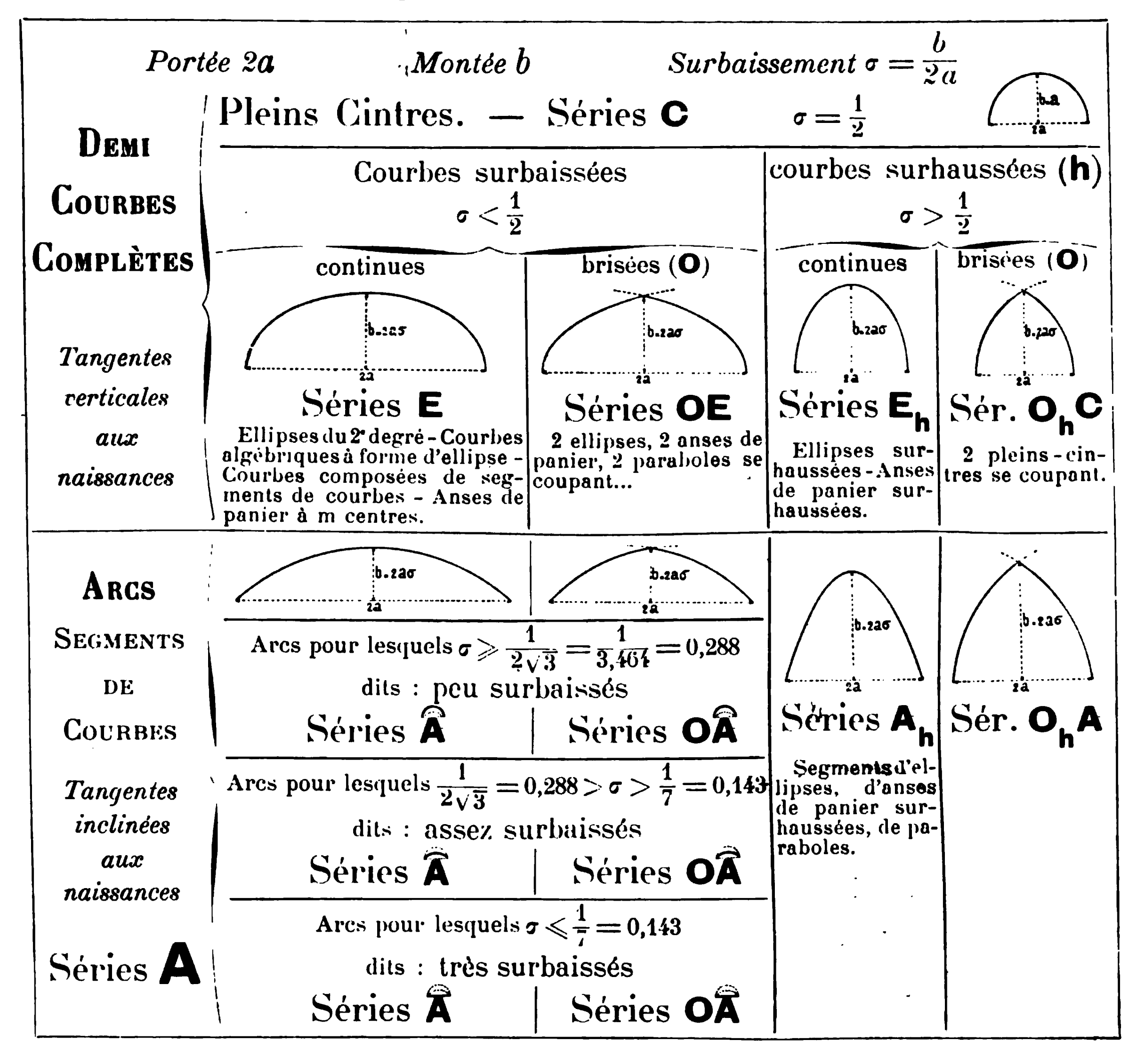
PRÉLIMINAIRES

GROUPEMENT EN SÉRIES DES PONTS A VOÛTES INARTICULÉES
SÉRIES PAR INTRADOS — SYMBOLES
PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE ET PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SÉRIES PAR VOIE PORTÉE — PONTS EN DEUX ANNEAUX
PONTS AYANT UNE VOÛTE OU DES VOÛTES DE 40^m OU PLUS DE PORTÉE
EXEMPLES : SENS DE QUELQUES SYMBOLES

1. Groupement en séries des ponts à voûtes inarticulées. — On a rapproché, dans les mêmes séries, les Ponts qui ont les mêmes caractères principaux : intrados, — une seule grande arche ou plusieurs grandes arches, — voie portée.

2. Séries par intrados. — Symboles. — Le caractère dominateur, celui qui classe tout d'abord les voûtes inarticulées, c'est la forme de l'intrados.

Voici le classement adopté :



3. Ponts à une seule grande arche et ponts à plusieurs grandes arches. — On traite de façon fort différente un ouvrage à une seule grande arche ou à plusieurs grandes arches

De plus, la surcharge ne déforme pas également une voûte unique retombant sur deux culées et la même voûte butant contre deux piles.

On a donc distingué les ponts à une seule grande arche : C^1, E^1, $\widehat{A}^1$, $\widehat{A}^1$, $\widehat{A}^1$...
et les ponts à plusieurs : C^n, E^n, $\widehat{A}^n$, $\widehat{A}^n$, $\widehat{A}^n$,....

4. Séries par voie portée. — Le travail des voûtes, par conséquent leur épaisseur, dépend de ce qui passe dessus.

On distinguera donc :

les Ponts-route : C r^{te}, E r^{te}, A r^{te},....

les Ponts sous chemin de fer à voie normale : C F^r, E F^r, A F^r,....

les Ponts sous chemin de fer à voie étroite : C f^r, E f^r, A f^r,....

les Ponts-aqueducs : C aq, E aq,....

....

5. Ponts en deux anneaux. — Par économie, on a récemment, pour de larges ponts de ville, porté la chaussée sur deux minces anneaux, un à chaque tête.

Les voûtes seront désignées comme précédemment, mais en doublant la lettre de l'intrados, par exemple : $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1 r^{te}$....

6. Ponts ayant une voûte ou des voûtes de 40^m ou plus de portée. — Les symboles seront suivis de l'indication : $\geqslant 40^m$.

7. Exemples : Sens de quelques symboles.

$$\widehat{A}^1 f^r (\geqslant 40^m) 3$$

désigne un ouvrage en arc (A) à une seule grande arche (A^1) ; — assez surbaissé, c'est-à-dire de surbaissement compris entre $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ et $\frac{1}{7}$ ($\widehat{A}$) ; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous A) ; — sous voie étroite (f^r) ; — de portée de 40^m ou plus ($\geqslant 40^m$) ; — le 3e par ordre chronologique de la série $\widehat{A}^1 f^r (\geqslant 40^m)$.

$$E^n F^r (\geqslant 40^m) 2$$

désigne un pont en ellipse (E) à plusieurs grandes arches (E^n) ; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous E) ; — sous chemin de fer à voie normale (F^r) ; — de portée de 40^m ou plus ($\geqslant 40^m$) ; — le 2e, par date, de la série $E^n F^r (\geqslant 40^m)$.

$$\widehat{A}^1 \widehat{A}^1 r^{te} (\geqslant 40^m) 2$$

désigne un pont à deux anneaux en arc (A A), chacun à une seule grande arche ($A^1 A^1$), de surbaissement $\sigma \geqslant \frac{1}{2\sqrt{3}}$ ($\widehat{A}^1 \widehat{A}^1$) ; — inarticulé (pas de signe d'articulation sous A A) ; — sous route (r^{te}) ; — de portée de 40^m ou plus ($\geqslant 40^m$) ; — le 2e, par date, de la série $\widehat{A}^1 \widehat{A}^1 r^{te} (\geqslant 40^m)$.

LIVRE I

DESCRIPTION DES PONTS

QUI ONT OU AVAIENT

DES

VOÛTES INARTICULÉES

DE 40^{m} ET PLUS DE PORTÉE

TABLEAUX SYNOPTIQUES

MONOGRAPHIES

VOÛTES INARTICULÉES

EN

PLEIN CINTRE

C

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS ROUTE

Série C^1r^{te} ($\geqslant 40^m$)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE Portée	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DECORATION DES TETES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Céret** (Vieux Pont) *France* 1321-1339 $C^{1}r^{te}(\geqslant 40^{m})^{1}$	» 51mm 53mm RG RD 24m	3m 50 *4m 00* Pas de fruit »	45m,45	1m,30 *1m,46*	1m,30 *1m,46 à 60°*	Bandeaux : PT[1] calcaire Douelle : ME[1]		1° 2 voûtes transversales vues en arc de 8m 10 2° »
de **Vieille-Brioude** (Pont actuel) *France* 1824-1831 $C^{1}r^{te}(\geqslant 40^{m})^{2}$	*70m,85* 10mm 10mm 26m	6m 70 *7m,50* » 0m 60	45m,00	1m,50 *Epaisseur uniforme*	1m,80 *Epaisseur uniforme*	Bandeaux : *(Lave de Volvic)* PT[1] queues 1m40 et 0m94 Douelle : *(Lave de Volvic)* PT[1] Epaisseur uniforme 1m50		
de **Saint-Sauveur** *France* 1860-1861 $C^{1}r^{te}(\geqslant 40^{m})^{3}$	*66m,20* Arc de cercle convexe vers le ciel 65m 50	6m 20 *4m,90* Pas de fruit 2m 25	42m,00	1m,45 *2m,05*	*Epaisseur uniforme*	Bandeaux : PT[1] Douelle et Queutage : MOV[1] lames de schiste tirants en fer entre têtes 5 chaînes de PT dans la voûte *Ciment de Vassy*		1° 2 voûtes longitudinales cachées 2° »
de **Collonges** *France* 1869-1873 $C^{1}r^{te}(\geqslant 40^{m})^{4}$	*99m,40* 5mm 5mm 26m 20 (étiage)	7m 05 *7m,00* Pas de fruit 1m 06	40m,00	1m,90 *3m,80*	1m,80 *2m,30 à 0°*	Bandeaux et Douelle : PT[1] Queutage : Cerveau : PT[1] le reste : MOV[1] *Chaux de Virieu*		1° une seule voûte longitudinale en plein cintre de 4m 2° »

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $C^{1}r^{te}$ (⩾40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D**
	GRANDE VOÛTE							
	CINTRE							
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses					
FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en $kg/\overline{0^{m}01}^{2}$ *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Epaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	**DÉCINTREMENT** Etat d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	**TASSEMENTS** DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Retroussé soutenu 4 cours d'arbalétriers fléchis (Type Neuilly) » »	5 *10*cm » *200*mm	Partie retroussée 589mc Echafaudage la soutenant 44mc Cube total de bois 633mc » »	 $1^{mc},43$ » »				**D = 580 000f** D : S_p = $1221^{f},8$ D : W = $48^{f},9$
	Retroussé puis soutenu Grands arbalétriers » Vérins	4 *30*cm 1m57 »	Cintre seul 338mc 3800k 42706f Cintre et Échafaudage 611mc 7000k 86027f	 $1^{mc},23$ $13^{k},8$ $155^{f},6$ $2^{mc},23$ $25^{k},5$ $313^{f},4$		Tympans élevés jusqu'au niveau du joint à 60° de la clef *30 jours* 16 décembre	t''_v < 5mm	**Q = 2852mc** Q : S_p = $6^{mc},95$ Q : W = $0^{mc},17$ Q : W' = $0^{mc},31$ [5] **D = 318 637f** D : S_p = $776^{f},3$ D : W = $19^{f},6$ D : W' = $34^{f},9$ [5] D : Q = $111^{f},7$
Rive droite *Rocher calcaire apparent* » » » Rive gauche *Gravier* – 6m » *Air comprimé*	Retroussé sur 34m Grands arbalétriers » Boites à sable	6 *30*cm 1m34 »	362mc 7218k 45000f	$0^{mc},99$ $19^{k},7$ $122^{f},7$ (par mc. de bois : $104^{f},6$)				**Q = 7537mc,** Q : S_p = $10^{mc},75$ Q : W = $0^{mc},58$ **D = 465 362f** D : S_p = 664^{f} D : W = $35^{f}7$ D : Q = $61^{f}7$

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE		PROJET — GRANDE VOÛTE					PROJET
	Longueur *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	Portée	ÉPAISSEURS — CORPS { Clef / *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef / *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DECORATION DES TETES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Brent** *Suisse* 1899-1900 C[1] r^te (⩾40m)5	*111m,65* 7mm env. 7mm env. 24m	{ 8m,20 / *7m,25* » 2m	**44m,00**	{ 1m,30 / *2m,60*	{ 1m,30 / *2m,60 à 60°*	Bandeaux : MA[1] Calcaire, léger bossage Douelle : ME[1] Calcaire, surface plate Queutage : ME[1] *Jusqu'à 60° de la clef chaux 350k* *au-dessus : ciment 400k*	Pression moyenne clef : 13k *Méry*	1° 6 voûtes transversale[s] vues en plein-cint[re] de 4m 2 de 2m,55 masquées p[ar] les pilastre[s] 2° »

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE C[1] r[te] (⩾40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

FONDATIONS — Nature du sol, Profondeur sous l'étiage, Pressions sur le sol en kg/0m01², Procédé	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES — Type, Matière, Appareils de décintrement	Nombre, Epaisseur, Ecartement d'axe en axe, Surhaussement	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses — Totaux	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses — par mq de douelle[2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT — Etat d'avancement du Pont, Temps entre le dernier clavage et le décintrement, Date	TASSEMENTS DE LA CLEF — sur cintre t_c, au décintrement t'_v, après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D — Totaux et par unité de surface utile S_p[3], de volume « utile » W[4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Moraine glaciaire » Pression moyenne 9k Béton à sec	Fixe type Lavaur Boites à sable	6 25cm 1m50 »	320mc 4000k 28000f	0mc77 9k6 67f0 par mc. de bois : 87f5	A partir de 60° de la clef : 2 rouleaux 4 tronçons			D = 163 000f D : S_p = 178f D : W = 10f4

[2] Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A.

[3] S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

[4] W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — B.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE C^1 r^{te} ($\geqslant 40^m$) :

MONOGRAPHIES

VIEUX PONT SUR LE TECH A 1^{km} AU NORD DE CÉRET *(PYRÉNÉES-OR^les)*

Route de Perpignan à Prats de Molló[1]

1321-1339 C^1 r^{te} ($\geqslant 40^m$)1

1. Dates. — 1321. — Le 3e jour des nones de septembre (3 septembre) 1321, Arnaud Battle, sacristain de l'église Saint-Pierre de Céret, et frère Raymond de Saint-Paul, commandeur de l'hôpital de Céret, « *operarii*[2] *et procuratores*[3] *operis pontis qui inceptus est et operatur in flumine Techi* », les Consuls de Céret, et 3 Anciens de Céret reçoivent du Consul de Prats-de-Molló une somme de 15 livres Barcelonaises, données « *amore Dei* » par cette commune « *dicto operi* « *dicti pontis* » (S_1).

1326[4], — 1334[5]. — Des sommes sont léguées à l'œuvre du pont de Céret.

1336. — Sur la face aval de la culée rive droite, à 0^m40 de l'arête, à 0^m46 au-dessus du sol, est gravée la date :

1336[6]

L'a-t-elle été en 1336 ?

1. Actuellement Route Nationale n° 115.

2. « *Maistres de l'œuvre* » (Du Cange) : Membres de la Fabrique du Pont.

3. « *Procureurs* », c'est-à-dire agissant au nom de la Fabrique du Pont, Administrateurs délégués de la Fabrique.

4. « *Idus marcii 1326. — Ego Agnes uxor berenguerii mauran.... filia petri de Argileriis habitator* « *de Cereto.... volo dari.... operi pontis de Cereto decem sol....* » (Archives de la Préfecture, — Registre de Raymond Imbert : 1326, 1327, n° 37).

5. « *3 nonas aprilis 1334.... lego.... Ponti de Cereto V sol.* » (Bibliothèque de la Ville de Perpignan, — *Cartulaire Roussillonnais*, — B. Alart, — MS., vol. P, — p. 295).
(Ces deux pièces copiées par M. Anglade, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées).

6. Fac-similé du relevé fait, sur ma demande, en mai 1907, par M. Amade, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées à Céret. — Le chiffre 1 a 68^{mm} de haut.

1339. — A la fin de 1339, Pierre IV d'Aragon passa sur le pont de Céret (S_7).

1341. — On lit dans l'inventaire des Archives du Monastère d'Arles : « *Les* « *Auditeurs et Conseillers du Roi de Majorque mandent au bailli de Custuge qu'il* « *ne doit pas forcer les vassaux de l'Abbaye à contribuer à l'œuvre du Pont de* « *Céret. 1341*[7]. »

Si on a passé sur le pont en 1339, des contributions en 1341 s'appliqueraient à des parachèvements ou à des dettes.



Φ_1 — amont (S_8)



1341. — Le 6e jour des Calendes de Décembre (26 novembre) 1341, les Consuls de Céret ont, au nom de la Ville, payé 59 livres 3 sous 8 deniers, à des maçons de Baxas « *racione laboris.... facti in ponte de Cereto....* » (S_2)[8].

Si on a passé sur le pont en 1339, ces maçons auraient travaillé à des parachèvements ou, comme à un pont contemporain voisin, auraient fait l'avance de leur main-d'œuvre[9].

7. Copié dans le Cartulaire Roussillonnais de M. de Saint-Malo, à la suite de la quittance de décembre 1341. (S_2).

8. M. Anglade a compulsé pendant 20 mois les Archives de la Mairie de Céret et celles conservées dans l'étude de Me Sabaté, notaire. — Il n'y a rien trouvé sur le pont de Céret.

Cela n'a rien de surprenant : en 1542, les Français saccagèrent les Archives conservées en l'église Saint-Pierre de Céret. (S_8)

9. M. Anglade, en étudiant le pont d'Aravo près de Puygcerda (1326), a trouvé, dans le livre de compte de l'administrateur, une somme payée à des tailleurs de pierre qui avaient travaillé « *a espera* ».

En résumé, le pont est commencé, — je ne dis pas : a commencé, — en septembre 1321[10].

Pierre IV d'Aragon a passé dessus à la fin de 1339.

Il a donc été construit sous les rois de Majorque : Sanche (1311-1324) et Jayme II (1324-1344), sous la direction des Consuls de Céret et d'un Conseil de Fabrique à Céret, aux frais de la ville de Céret aidée par les contributions des habitants de la vallée du Tech et par des legs de particuliers.

2. Modifications en 1741 et plus tard.

— On lit dans un mémoire de 1735 :

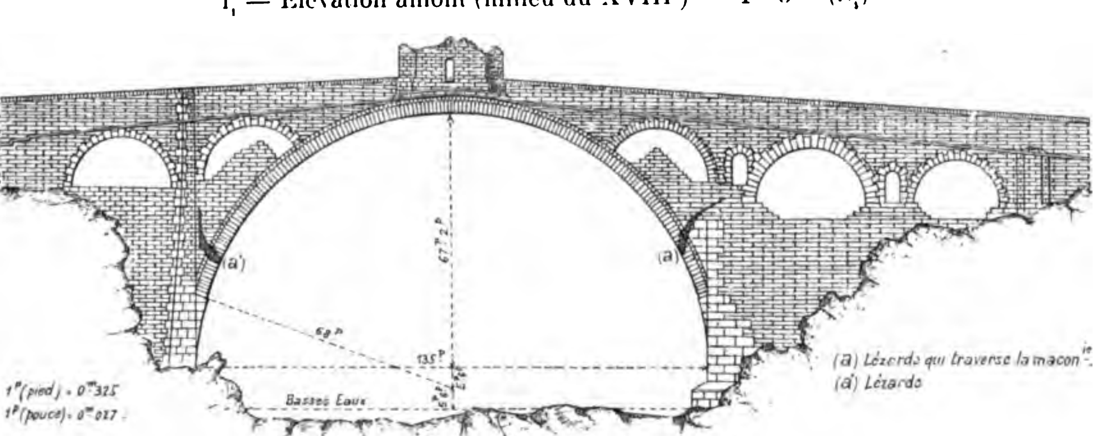
« *Ce pont est depuis longtemps en très mauvais estat...*

« *Lorsqu'on y fait passer quelque gros fardeau comme du canon, malgré les* « *précautions que l'on prend dans ces occasions, on sent de grandes secousses...* (S'_2)[11] ».

En 1741, on exhaussa les murs de tête pour réduire les rampes des abords. On constata alors qu'ils étaient reliés par 36 contreforts en maçonnerie. (S''_2).

Voici la réduction d'un dessin du milieu du XVIII[e] siècle. (S'_1).

f_1 — Élévation amont (milieu du XVIII[e]) — 1mm5 (S'_1)



On y remarque deux grandes lézardes à 60° environ de la clef.

Du côté Perpignan, le mur en prolongement de la tête aval tomba le 31 octobre 1750, celui d'amont, en 1762. On fit alors des murs en aile obliques. (S_3)[12].

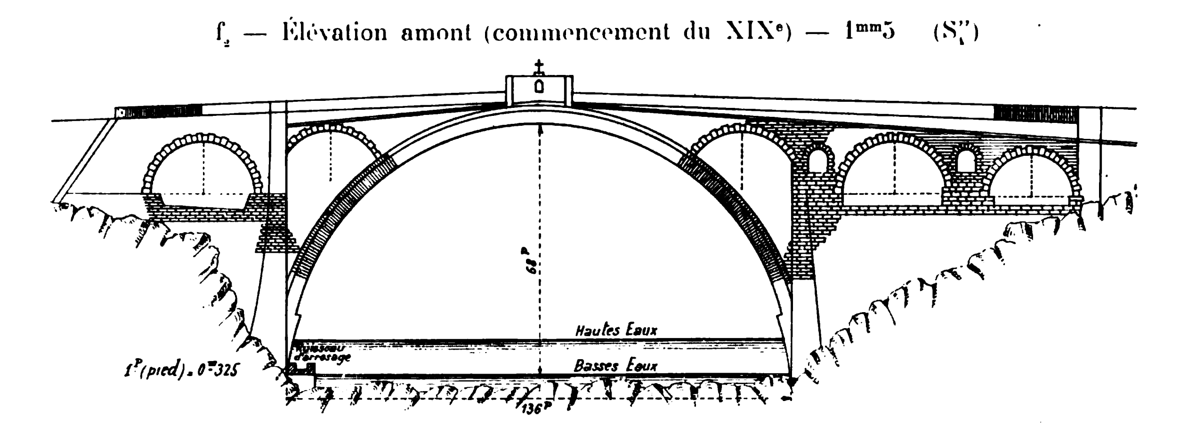
10. — L'Archevêque Pierre de Marca (1594-1662) qui avait été chargé, en 1658, de fixer les limites de la France et de l'Espagne, écrit qu'à un ancien pont en pierre sur le Tech, « *Circa annum MCCCXIII* « *novum paulo infra substituit diligentia civium Ceretensium* » (*Marca Hispanica*, — Paris, François Muguet, MDCLXXXVIII, lib. I, cap. XI, col. 52). — D'après Marca, le pont serait donc d' « environ » 1313.

11. — Il tremble un peu au passage d'un rouleau à vapeur de 18T, et d'une charrette allant vite. (M. Amade).

12. — En septembre 1793, Dagobert voulut faire sauter le pont pour couper la retraite aux Espagnols. L'un des Representants se récria « *contre le Vandalisme qui veut sacrifier le beau pont de Céret.* » (Fervel : « *Campagnes de la Révolution française dans les Pyrénées Orientales 1793-1794-1795* ». — Paris 1851, Tome I, p. 152).

Dans un dessin du commencement du XIXᵉ siècle (S''₄) (f₂), l'extrados est à nu jusqu'au dessous des lézardes indiquées (f₁).

f₂ — Élévation amont (commencement du XIXᵉ) — 1ᵐᵐ5 (S''₄)

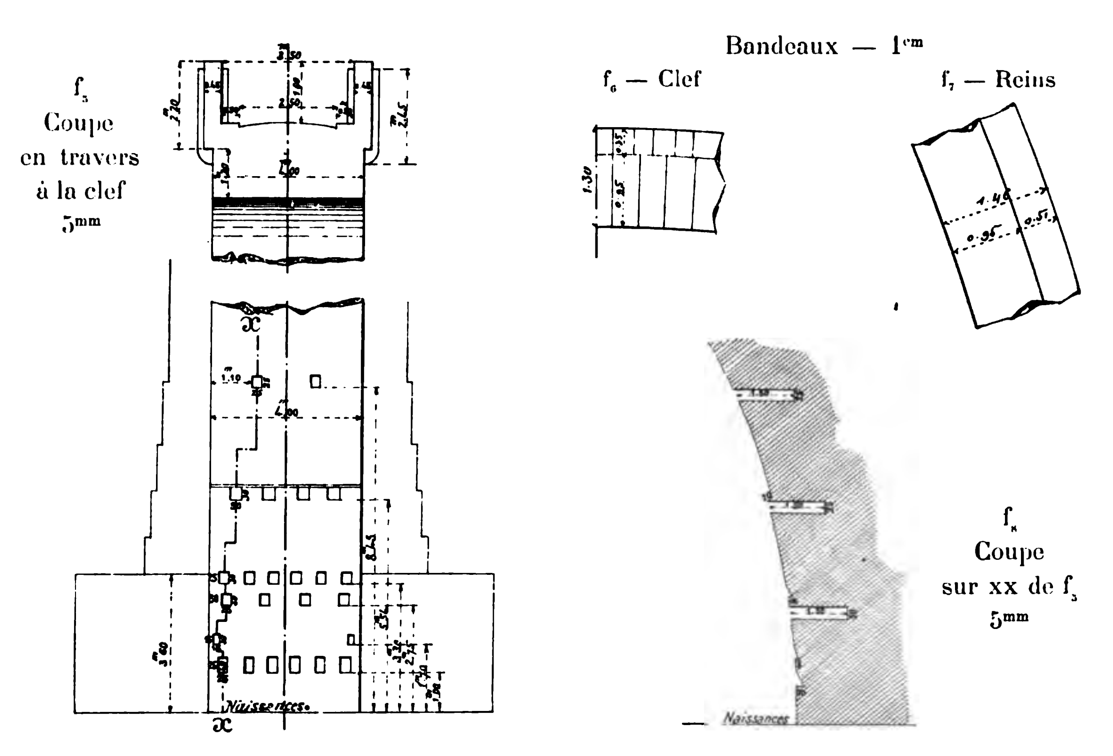


Plus tard, on aveugla de nouveau, en partie, les deux voûtes d'évidement des reins par des murs récemment réparés : ils gâtent l'aspect et ne servent à rien.

3. État actuel[13] (f₃ à f₈).

— Le pont a 45ᵐ45 de portée, 22ᵐ30 de montée.

La voûte est en deux rouleaux indépendants. Le rouleau de douelle a 0ᵐ95 d'épaisseur uniforme ; le 2ᵉ rouleau a une épaisseur uniforme de 0ᵐ51 des reins à 7ᵐ20 de la clef, puis décroît de 0ᵐ51 à 0ᵐ35 (clef). L'épaisseur totale de la voûte est ainsi de 1ᵐ30 à la clef, 1ᵐ46 aux reins.



f₃ — Coupe en travers à la clef — 5ᵐᵐ

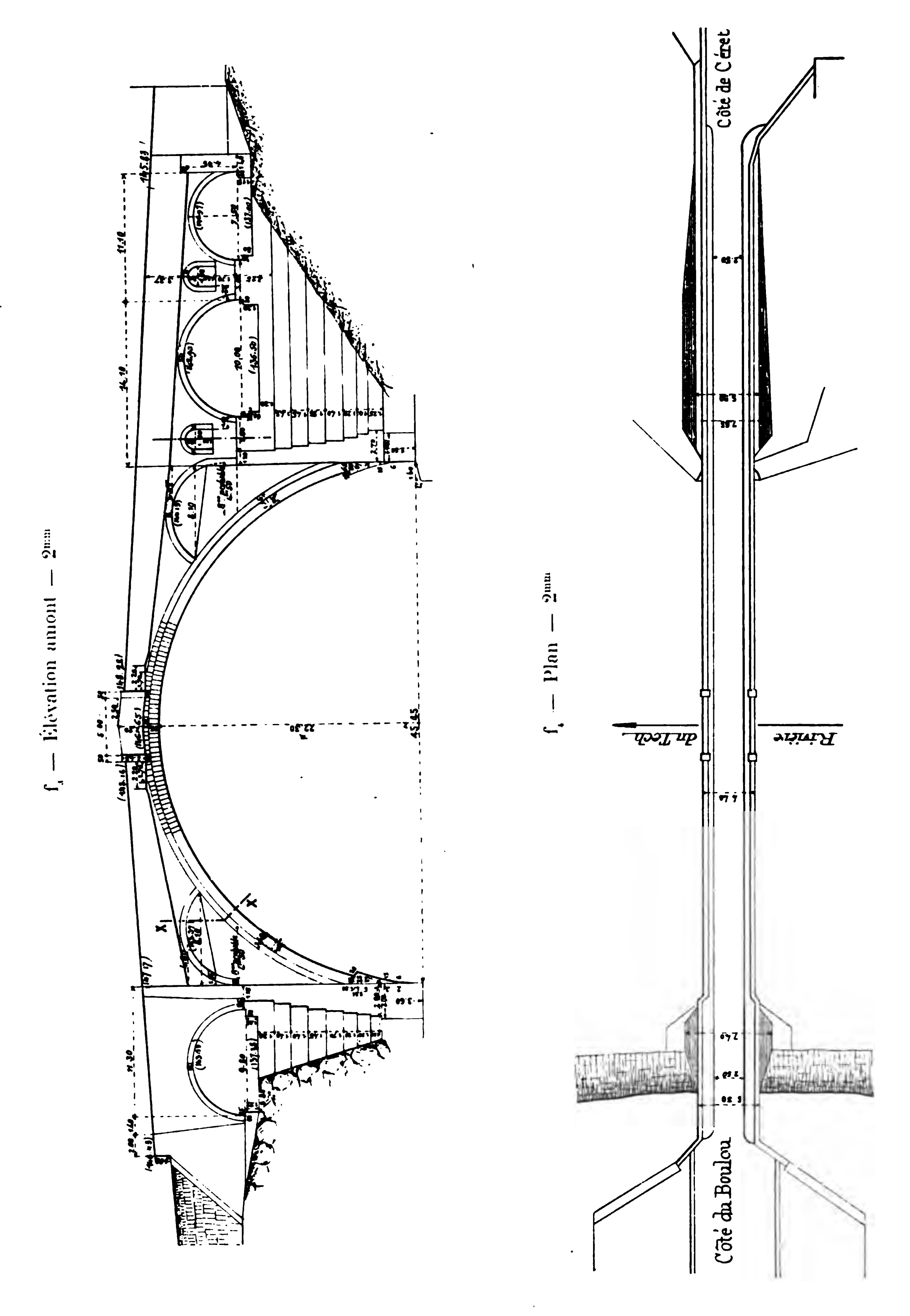
Bandeaux — 1ᶜᵐ

f₆ — Clef

f₇ — Reins

f₈ — Coupe sur xx de f₃ — 5ᵐᵐ

13. Dimensions relevées par M. Drogue, Ingénieur des Ponts et Chaussées.



f₃ — Élévation amont — 2mm

f₄ — Plan — 2mm

Sur les reins de la douelle (f_3) on voit, en grand nombre, des trous carrés pénétrant horizontalement à 1m30, 1m50 (f_3) : on y insérait, sans doute, des pièces de bois pour appuyer le cintre (retroussé ?). A trois trous, rive gauche, (5m54 au-dessus des naissances — f_3), existent encore des morceaux de chêne de 20c/24c, saillant de 37c à 40c [14].

Ce qu'on voit du queutage de la voûte sous les arceaux de décharge est en gros moellons équarris.

Les deux moitiés de la voûte sont déformées et ne sont plus symétriques. A l'intrados de la tête amont, côté rive droite, il y a un point d'inflexion à 2m47 [15] au dessus du ressaut.

Il est fort probable que le pont avait été projeté en plein cintre de 45m45 de portée, soit 22m725 de montée, et que la clef est descendue de 0m425.

14. — Mesures de M. Amade.

15. — Relevé, sur ma demande, par M. Amade.

SOURCES :

S_1 — Quittance du 3 septembre 1321 :

« *Notum sit omnibus quod nos Arnaldus Bajuli, sacrista ecclesie sancti Petri de Cereto, et*
« *frater Raymundus de Sancto Paulo, comendator hospitalis.... de Cereto, operarii et procuratores*
« *operis pontis qui inceptus est et operatur in flumine Techi.... et nos Guillemus Toyrii, consul....*
« *de Cereto, et Johanes Donati, filius Guillemi Donati consulis.... tenens locum.... dicti patris mei....*
« *etiam de voluntate.... Guillemi Rogerii et Arnaldi Biure et Raymundi Marchesii, senniorum*
« *omnium trium de Cereto.... recognoscimus tibi Petro Draperii consuli... de Pratis, ut...., dedisti....*
« *nobis.... racione dicti operis dicti pontis, quindecim libras barcinonensium coronatorum, de qua*
« *moneta ·LXV· solidi valent unam marcham argenti fini* [16] *recti pensi Perpiniani ; quas dicta*
« *Universitas hominum et mulierum.... de Pratis dant amore Dei dicto operi dicti pontis et in*
« *subsidium ejusdem* . . . .
« . . . .
« *Actum est hoc tercio nonas Septembris. anno Domini. millesimo. terscentesimo, vicesimo,*
« *primo.*
« . . . .
« . . . .

Archives municipales de Prats-de-Molló (Pyrénées-Orientales), série CC (carton), original sur parchemin (hauteur 21c, largeur 38c, 23 lignes).

Cette pièce a été découverte et publiée par M. Albert Salsas, Receveur des Domaines : « *La construction du pont de Céret en M.CCC.XXI* ». — Céret, imprimerie et librairie L. Lamiot, 1892.

S_2. — Quittance du 26 novembre 1341 :

« *Noverint universi quod ego Guillelmus Eres, Payrerius* [17] *Perpiniani nomine meo proprio,*
« *et nomine procuratorio* (suivent 10 noms), *omnium Peyreriorum* [17] *de Baxanis.... recognosco....*
« *vobis Rotgerio juglarii et Andree comitis, consulibus de Cereto, quod vos, nomine Universitatis de*

16 — D'après M. Salsas, le marc Catalan d'argent au XIVe siècle pesait environ 269gr. 65 sous valant un marc, le sou pesait 4gr138 d'argent, la livre 82gr76, les 15 livres 1241gr40.

En 1407, le marc de Perpignan (marc monétaire) pesait environ 236gr, le sol (65 fois moins) : 3gr63, la livre 72gr6, les 15 livres 1089gr. — (Indications gracieusement données par M. Brutails, archiviste départemental de la Gironde).

17. — En Catalan « *Payrer, Peyrer* », — maçon.

« *Cereto, solvistis michi quibus supra nominibus recipientibus per modum subscriptum quinquaginta*
« *novem libras, tres solidos et octo Denarios Barchinone que per vos et dictum Universitatem michi*
« *et predictis, quorum sum Procurator, debebentur racione laboris per me et dictos mancipias meos*
« *et illos quorum sum Procurator personaliter facti in ponte de Cereto et operi ejusdem, officium*
« *nostrum exercendo.*
« . . . .

« *Quod fuit actum et laudatum Perpiniani, Vio Kalendes Decembris, anno Domini*
« *Mo CCCo Xlo io* . . . .

Copié sur ma demande par M. Anglade, à Argelès-sur-Mer, chez M le Baron de Vilmarest, sur le Cartulaire Roussillonnais, constitué par M. Renard de Saint-Malo, tome X, page 104.

On lit dans quelques notices que cette quittance est citée par Pierre de Marca. (J'ai indiqué plus haut, renvoi 10, la seule allusion de Marca au pont de Céret).

S_3. — Archives des Pyrénées-Orientales. — C. 1182 :

S'_3. — Mémoire de Laurens du 8 octobre 1735 à l'appui d'un projet de réparations évaluées à 5.300 livres.

S''_3. — Mémoire de Desbordes de la Maulnerie, du 25 octobre 1741.

S_4. — Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées. — Manuscrits, nº 1449.

S'_4. — Dessin au 1/432e, — fait après 1741, puisqu'il indique l'exhaussement de 1741 et avant l'exécution des grands murs en aile obliques (1750 et 1762).

S''_4. — Dessin au 1/144e, du commencement du XIXe.

S_5. — « *Note sur le vieux pont de Céret* » par M. G. Sorel, Ingénieur des Ponts et Chaussées. (Extrait du XXXIIe bulletin de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales, — Perpignan, 1891).

S_6. — « *Acta y recentio de testimonis rebuts de la intrada y sacco y róbos fets per los* « *francesos en la vila y en la Iglesia y casas de Ceret y captiveri y mal tractas de personas* ».

Titre d'un acte rédigé à Céret le 5 décembre 1619 « *ad instantiam Hieronimi balaguer* « *apothecarii dictae villae* », lequel est une copie de divers actes notariés relatifs à l'entrée des Français à Céret en 1542.

(Parchemin communiqué par M. Albar, Commandant en retraite à Perpignan).

S_7. — « *Chroniques de Espãya fins aci no divulgades... per... Miquel Carbonell*[18] *Escriva* « *y Archiver del Rey nostre senyor, e Notari publich de Barcelona, novament imprimida en* « *lany MDxlvij* » (Bibliothèque Nationale. Res. Oa-16)... « *Chronique du Roi Pierre IV*[19] ».

(fol. CXXIIII verso, col. 2)... « *E lendema q̃ fo lo jorn appellat dls defũcts tengue nostre* « *cami per anar en Avinyo*[20]... »

Le lendemain de la Toussaint (soit un 2 novembre), il part donc pour Avignon ; il prête hommage au pape Benoit XII, puis revient à Perpignan et, de là, à Barcelone par le pont de Céret.

(fol. CXXV verso, fin col. 1 et col. 2) :.... « *E apres.... vèguem nos a Perpinya.... E puix*

18. — Carbonell (1434-1517).

19. — Cette « *Chronique* » de Pierre IV est due à Bernat Dezcoll « *Mestre Racional* », qui la commença vers 1375 sous l'inspiration du roi et d'après son journal.

20. — Le voyage de Pierre IV à Avignon sous Benoit XII (décembre 1334-avril 1342) est confirmé par Baluze : Tome I, col. 204 :
« *PRIMA VITA BENEDICTI XII : Eodem tempore.... venit Avinionem Petrus Rex Arragonum....* »
« *Vitæ Paparum Avenionensium* », — 2 vol., — Paris MDXCIII (Bibliothèque Nationale, H. 3113).

« *partim.... de Perpinya e venguê nos en al volo*[21]*.... e eren tantes aygues que no poguem passar*
« *la barca e haguê anar al pôt de Seret e têguem nostre cami per lo coll de Panicas*[22] ».

Ce voyage est entre la translation de Sainte-Eulalie, 2e dimanche de juillet 1339 et d'autres dates de 1340[23]. Son départ pour Avignon est du 2 novembre 1339.

Il a donc passé sur le pont dans les derniers mois de 1339.

S_8. — Ce que j'ai vu, — mai 1908.

21. — Le Boulou.
22. — Col voisin du col de Perthus.
23. — En particulier, la convocation des « *Corts* » à Barcelone, mentionnée dans « *Las Côrtes Catalanas* » par D. José Coroleu é Inglada y D. José Pella y Forgas, — 2a Edicion, Barcelona, MDCCCLXXVI, — p. 183.

PONT (ACTUEL) SUR L'ALLIER A VIEILLE-BRIOUDE[1] (Hte-LOIRE)

Route Nationale n° 102 de Viviers à Clermont

1824-1831 C[1] rte (> 40m)2

Φ$_1$ (S$_3$)



1. Adoption d'une grande voûte pour remplacer le vieux pont[2] écroulé le 27 Mars 1822. — Aussitôt après la chute du vieux pont, on avait proposé, pour le remplacer, trois travées en bois, comme économiques et vite faites.

Lamandé fit très sagement adopter une voûte en pierre (S'$_1$).

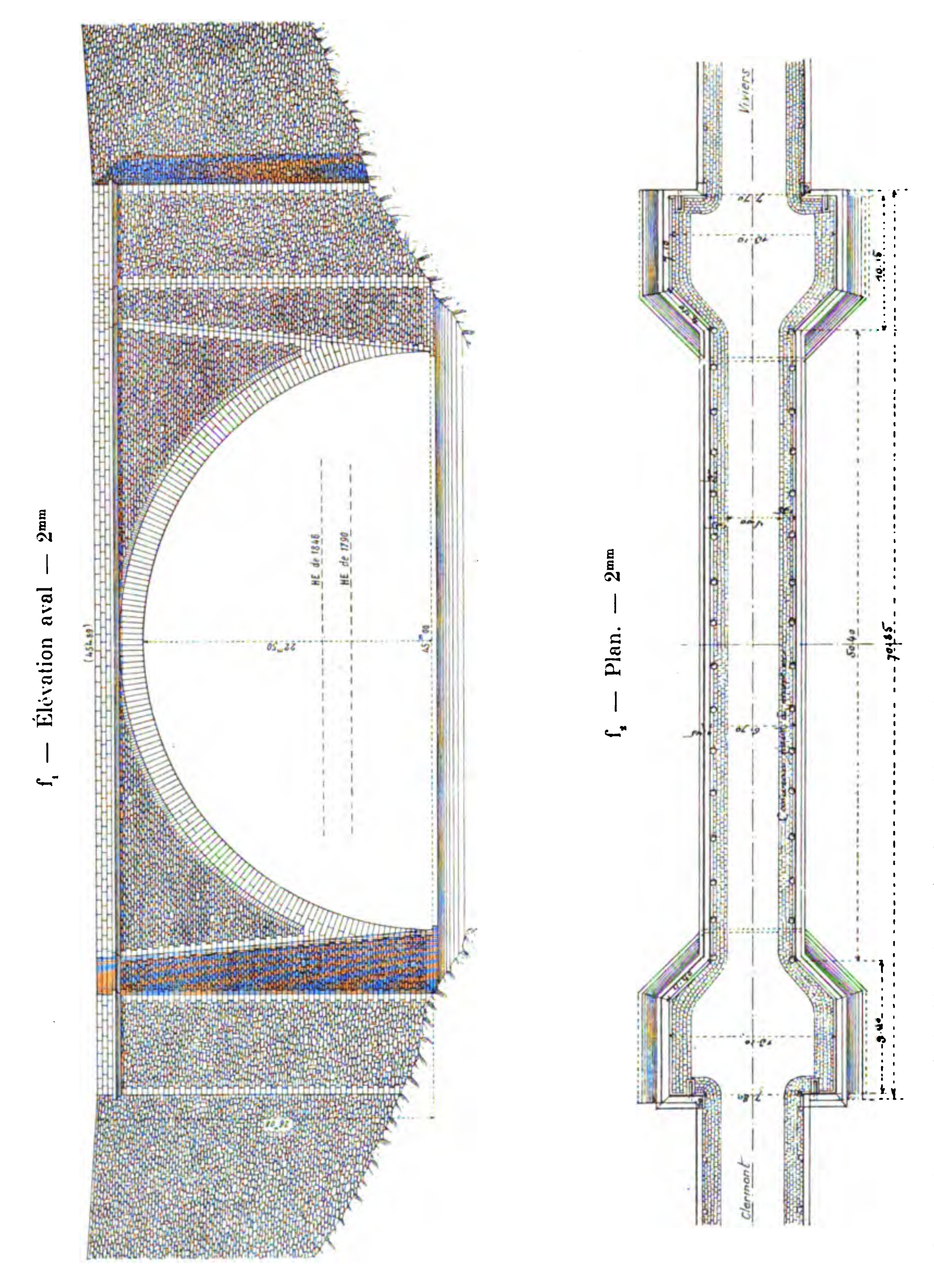
2. Matériaux. — Les bandeaux et la douelle sont en pierre de taille, avec une épaisseur uniforme de 1m80 et 1m50.

Tout le reste est en moellons par assises horizontales, sauf deux arceaux retombant sur les reins du rouleau de douelle (f$_3$).

3. Cintre. — Les Ingénieurs avaient projeté un cintre retroussé et, dessous, des palées pour le lever.

1. A 4k environ au Sud-Est de Brioude.

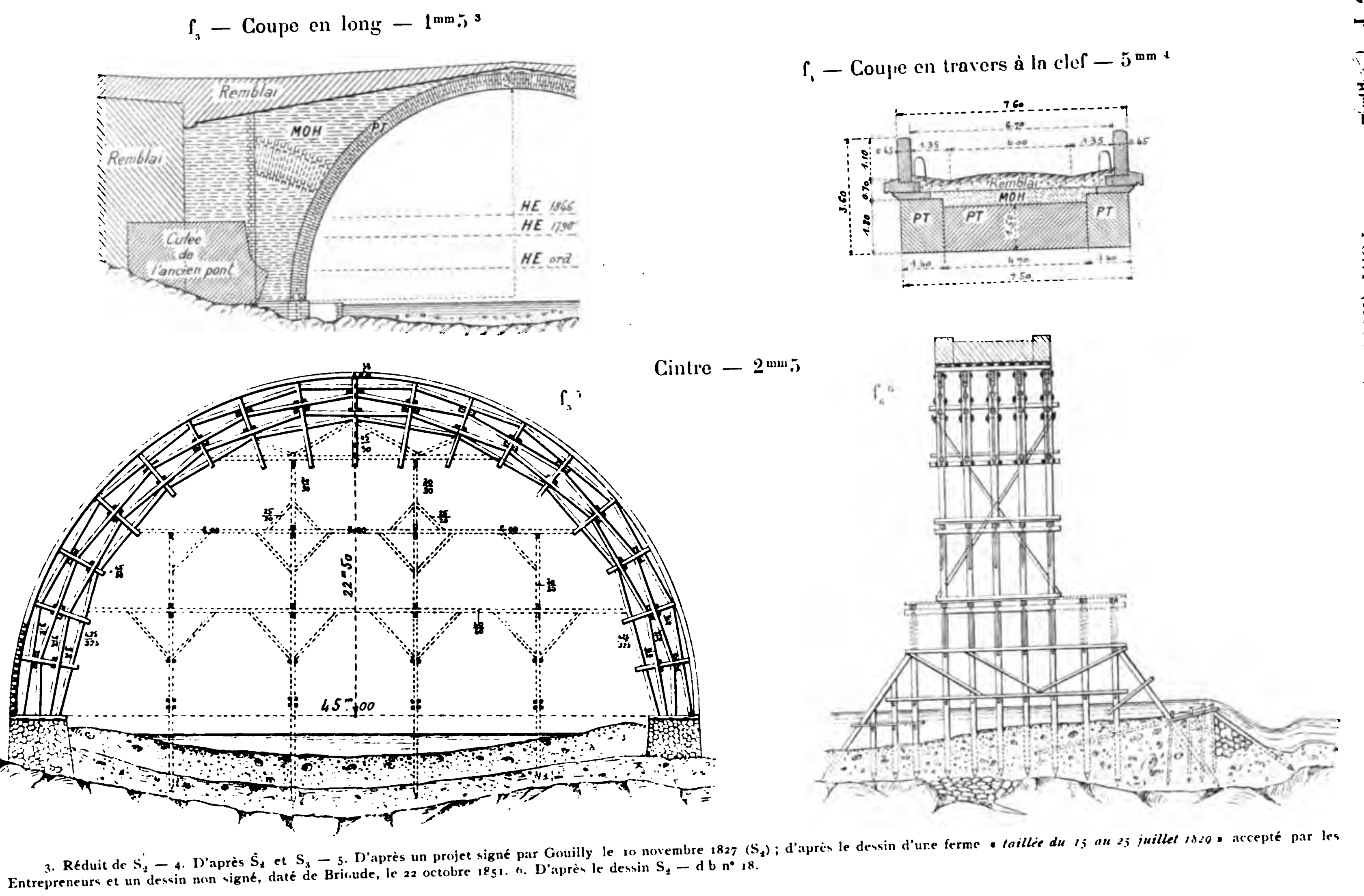
2. Voir Â[1] rte (> 40m)1 — Tome II.



f_1 — Élévation aval — 2mm

f_2 — Plan. — 2mm

D'après S^1_2 et S_3 — Les dessins faits après exécution n'ont pas été retrouvés.



3. Réduit de S_2 — 4. D'après S_2 et S_3 — 5. D'après un projet signé par Gouilly le 10 novembre 1827 (S_4) ; d'après le dessin d'une ferme « *taillée du 15 au 25 juillet 1829* » accepté par les Entrepreneurs et un dessin non signé, daté de Brioude, le 22 octobre 1851. 6. D'après le dessin S_4 — d b n° 18.

Sur le rapport de Lamandé (S''₁), le Conseil général des Ponts et Chaussées prescrivit de prolonger les supports « *jusqu'à la courbe inférieure à laquelle ils* « *seront unis par juxtaposition seulement et sans assemblages.* » (S''₁).

Ça donc été un cintre retroussé, soutenu.

4. Exécution. — On lit dans un devis du 21 avril 1827, que la voûte sera tracée avec un surhaussement de 0m20, que les joints de l'intrados auront 2mm à la clef, 10mm aux joints de rupture, que les lits des voussoirs, pleins jusqu'à 10cm des arêtes, seront démaigris aux arêtes de 2mm5.

Malgré ces précautions, « *Lors du décintrement, des éclats se seraient, paraît-il, produits dans les voussoirs placés au droit du joint de rupture* » [7].

5. Dates. — Le pont a été adjugé le 12 mai 1824 aux Sieurs Lallier et Montrambert, qui firent faillite, puis, le 30 mai 1827, aux frères Brosson.

Le cintre a été taillé et monté en 1829 ; — la voûte, clavée en 1830.

6. Dépenses (en utilisant les culées du vieux pont). — Au moment de la première adjudication, on prévoyait une dépense de 360.100f.

On a dépensé environ 580.000f (S₁) [8].

Ingénieurs.

en chef : Ansquer (1822-25), Egault (1826-29), O'Brien (1830-31)

ordinaires : Gouilly, au Puy (1822-29), Moneuze, à Brioude, affecté spécialement au pont (1829-31).

7. — Morandière, *Construction des Ponts*, p. 496.

8. — Savoir :

Somme due à la faillite des premiers entrepreneurs (Rapport de l'Ingénieur ordinaire Gouilly du 31 décembre 1828)........	173.970f 28
Travaux faits par les seconds entrepreneurs (Rapport de l'Ingénieur en Chef Saint-Aubin, du 16 février 1832)........	398.889 14
Dépenses réelles........	572.859f 42

SOURCES :

S₁. — Archives du Ministère des Travaux Publics :

S'₁. — Rapport de l'Inspecteur Général Lamandé du 30 décembre 1822 et avis du Conseil Général des Ponts et Chaussées du 8 février 1823.

S''₁. — Rapport de l'Inspecteur Général Lamandé du 24 janvier 1824, et avis du Conseil Général des Ponts et Chaussées du 24 janvier 1824.

S₂. — Archives de l'Ingénieur en Chef de la Haute-Loire, — carton 74, D. A. — d. b, gracieusement mises à ma disposition par M. l'Ingénieur en chef Monnet.

S'₂. — N° 15. — Projet présenté par l'Ingénieur en Chef Egault le 21 avril 1827, approuvé le 10 août 1827, sous réserves de modifications que je n'ai pas retrouvées.

S₃. — Ce que j'ai vu — août 1908.

PONT SUR LE GAVE DE PAU A SAINT-SAUVEUR (Htes-PYRÉNÉES)

Route Nationale n° 21 de Paris à Barèges

1860-1861 C[1] r[te] (> 40m) 3

Φ [1]



1. Dispositions à signaler. — Le couronnement est en arc de cercle convexe vers le ciel.

Les trottoirs sont en partie en encorbellement sur consoles, avec garde-corps en fonte de 1m10 (f_2).

La douelle avait été enduite de ciment, en partie tombé [2] en 1885.

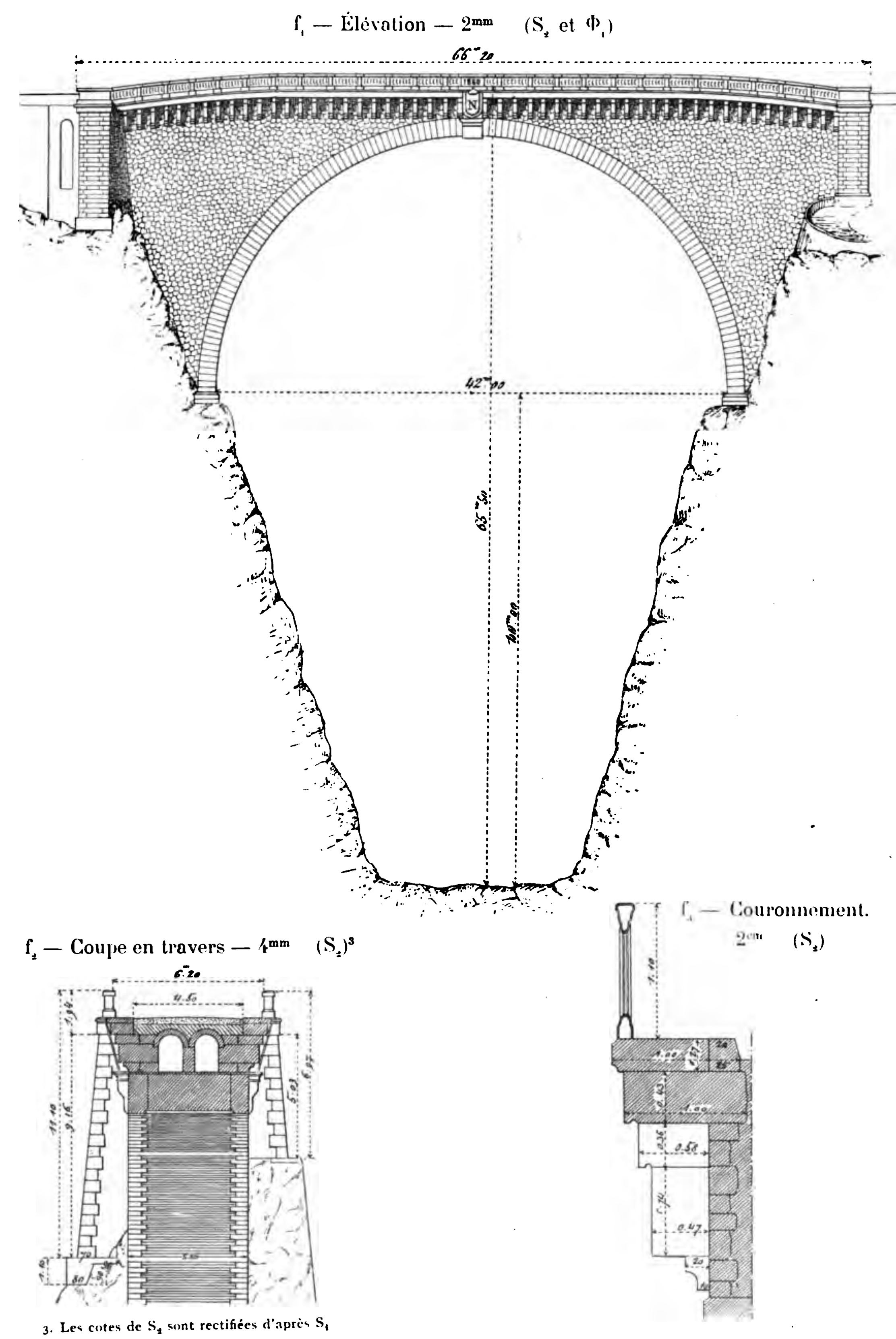
Les tympans sont à chaux grasse additionnée de 1/10e de son volume de ciment de Vassy.

2. Cintre (f_1, f_3). — On a dû soutenir les 4 fermes retroussées et les épauler transversalement par un échafaudage partant du fond du Gave (traits pointillés).

1. — Ministère des Travaux Publics. — Photographies (Gironde, Landes, Basses-Pyrénées, Hautes-Pyrénées). PL. 28 (Cliché de M. E. Delon, photographe à Toulouse). *Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées.*

2. — Croizette-Desnoyers, *Construction des Ponts.* Tome I, p. 103.

f_1 — Élévation — 2^{mm} (S_2 et Φ_1)

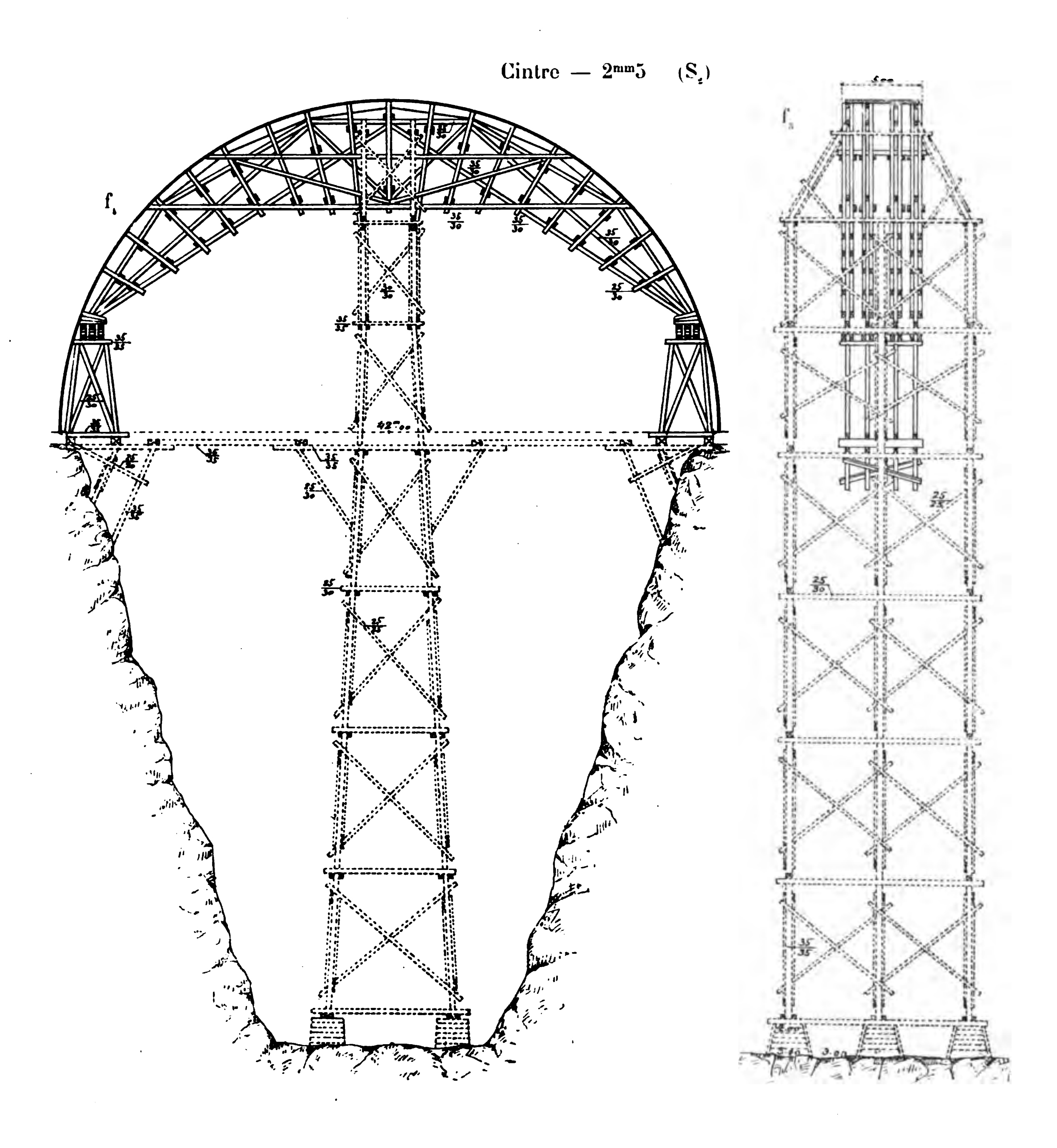


f_2 — Coupe en travers — 4^{mm} (S_2)[3]

f_3 — Couronnement. 2^{cm} (S_2)

3. Les cotes de S_2 sont rectifiées d'après S_1

Cintre — 2mm5 (S₂)



3. Dates. — Bandeaux : 15 octobre — 1er novembre 1860.
Maçonnerie en moellons ordinaires entre les bandeaux : 5 16 novembre 1860.
Décintrement : 16 décembre 1860.
Reprise des travaux : avril 1861.
Ouverture à la circulation : 30 juin 1861.

6

4. Dépenses (S_1 — S_3 — S'_3).

Grande voûte (cube total jusqu'au rocher : 794 mc) (S'_3, S_3)

Travaux provisoires. — Échafaudage ; grand cintre, pont de service, régies	119388 f 98 (S_1)	195693 f 80 soit par mc. de voûte : 246 f 46
Travaux définitifs. — Maçonnerie	76304 f 82 (S_3) soit, par mc. de voûte : 96 f 10.	

Tympans et remplissage entre les tympans (y compris 1703 f 24 (S_1) pour cintres des voûtes d'élégissement)	57840 f 07 (S_3)
Plinthes et consoles	45166 f 10 (S_3)
Garde-corps en fonte	19025 f 75 (S_3)
Divers	911 f 25
Total	318636 f 97 (S_1)

5. Personnel.

Ingénieurs { en chef : MM. Schérer et Marx.
ordinaire : M. Bruniquel.

Entrepreneurs : MM. Gariel et Garnuchot.

SOURCES :

S_1. — Pour tous les renseignements sans indication de source :

Exposition, Paris, 1867. — Notices, Travaux Publics, p. 3 à 6. — Les renseignements donnés dans cette notice sont reproduits au Catalogue des Galeries de l'École des Ponts et Chaussées, p. 130, M. Baron. — Il y a, dans les Galeries, un modèle au 1/20e.

S_2. — Les dessins sont empruntés à :

Morandière, *Construction des Ponts*, p. 387 et 388, — Pl. 81, fig. 1, 2, 3. — Cintre : p. 502, — Pl. 136, fig. 1, 2, 3.

S_3. — Décompte définitif en date du 1er décembre 1863.

S'_3. — Quelques renseignements complémentaires pris aux Archives des Ingénieurs des Hautes-Pyrénées.

PONT SUR LE RHÔNE A COLLONGES[1] (Hte-SAVOIE)

Route Nationale n° 206 de Collonges à Thonon

1869-1873 C[1] r[te] (⩾ 40m)4

Φ[1,2] (S3)



1. Pourquoi on a fait une grande arche. — On a fait une grande arche sur cintre retroussé, parce que, là, les crues s'élèvent à 7m90 avec une vitesse de 5m.

2. Cintre. — Le cintre a coûté environ 45.000 f[3] (S4).

Pour le recevoir côté rive gauche, on avait élargi le massif de fondation descendu à l'air comprimé.

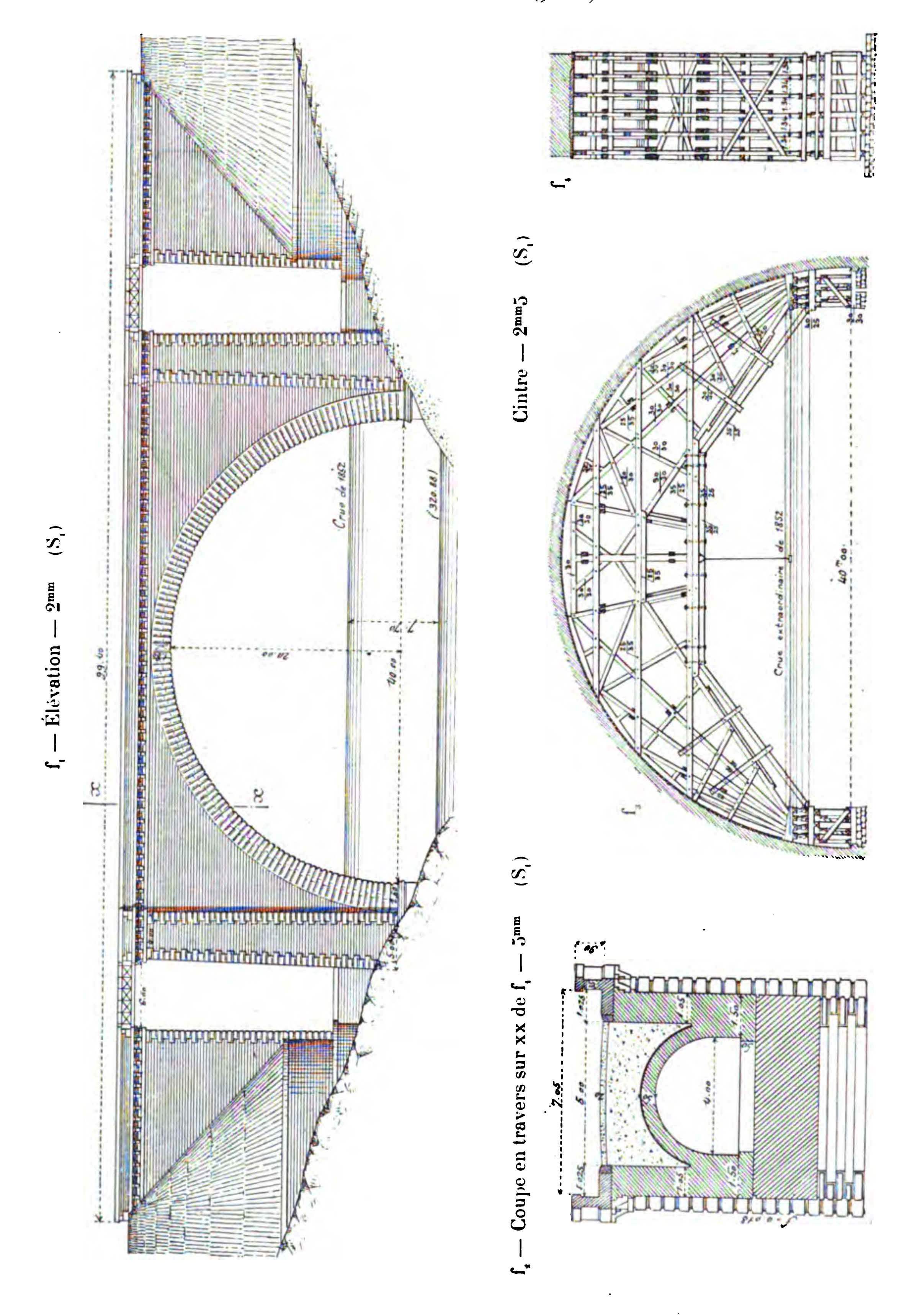
Sous un vent violent (28-29-30 mars 1871), le cintre, qui n'avait pas encore tous ses couchis et boulons, s'inclina de 0m43 vers l'amont.

1. A 850m en amont du fort de l'Ecluse.

2. Les deux coupures des murs en retour ont été imposées par le Génie.

3. Dans une statistique à la suite d'un mémoire inséré aux Annales des Ponts et Chaussées d'octobre 1886, j'avais donné des chiffres un peu différents, fournis par le Service de la Haute-Savoie en 1885. — On trouve dans les pièces actuelles : (S4)

Bois et fer	21.016 f 92 (S3)
Indemnité pour retard (Guerre de 1870 et changement du mode de fondation de la culée rive gauche)	11.795 f 99 (S4)
Boîtes à sable (régie)	875 f (S4)
Dépense (supports non compris)	33.687 f 91


f₁ — Élévation — 2mm (S₁)
Crue de 1852
(320.88)
20.00
10.00
Cintre — 2mm5 (S₁)
Crue extraordinaire de 1852
40m 00
f₃
f₄
f₂ — Coupe en travers sur xx de f₁ — 5mm (S₁)
4.00
7.05
6.00

3. Fondation de la culée rive gauche (S_2). — A la culée rive gauche, au lieu du rocher attendu à 2m sous l'étiage, on trouva, en épuisant à grand'peine, un lit de poudingue avec gros blocs; au-dessous, il y avait de la glaise, puis du sablon, puis du gravier,

Il fallut fonder à l'air comprimé à 6m sous l'étiage sur le gravier (caisson avec écluses en bas).

4. Dépenses.

Fondation de la culée rive gauche	Marché à forfait...........	80000 f (S_2)	82917 f 35
	Indemnité supplémentaire..	2917 f 35 (S_4)	
Entreprise du pont	Fouilles, maçonnerie, cintres, perrés, pont de service..	246774 f 46 (S_3)	278749 f 60
	Indemnités allouées........	31975 f 14 (S_4)	
Dépense en régie (S_4)	Journées..................	18008 f 16	103695 f 55
	Fournitures et divers......	85687 f 39	
		Total.............	465362 f 50

5. Ingénieurs.

en chef : M. Collet-Meygret.

ordinaires : MM. Sadi Carnot (projet et fondations) et Courtois.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution.

S_2. — Exposition, Paris, 1878. Notices, Travaux Publics, page 26 : « *Fondations du pont* « *de Collonges sur le Rhône* »

S_3. — Décompte définitif du 6 juillet 1875.

S_4. — Renseignements fournis en mai 1907 par M. Duval, Ingénieur à Saint-Julien, qui a bien voulu, sur ma demande, dépouiller ses archives.

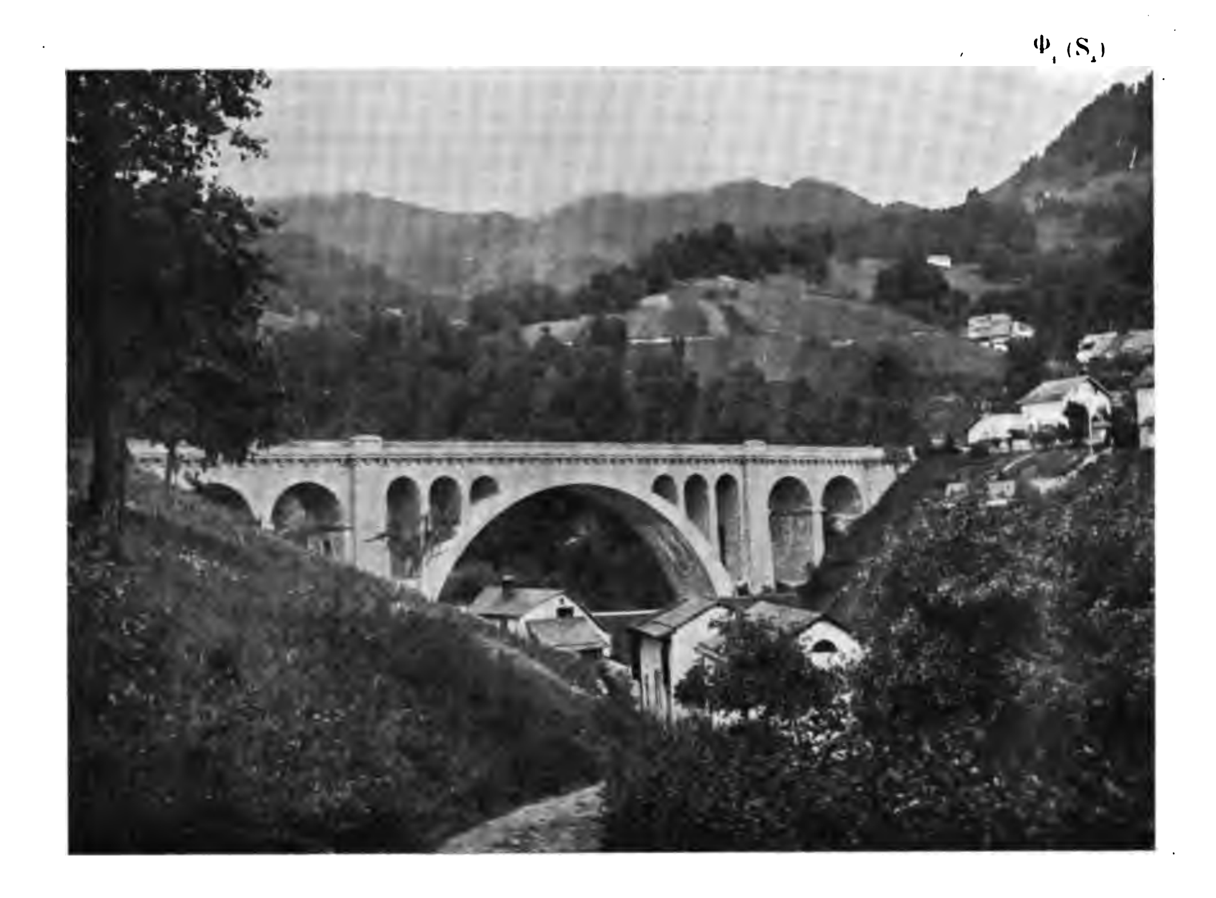
S_5. — Ce que j'ai vu — août 1905.

PONT SUR LA « BAIE »[1] DE CLARENS, A BRENT[2] *(Canton de Vaud — SUISSE)*

Route de Blonay à Brent

1899-1900 **C**[1] r[le] (⩾ 40m)[5]

Φ_1 (S_1)



1. Aspect (S_1). — Les reins sont trop épais.

La plus haute pile des voûtes d'élégissement retombe sur l'extrados à angle trop aigu.

2. Matériaux. — Les piles, culées et tympans sont en moellons ordinaires assisés, avec léger bossage.

La plinthe sous trottoir est en encorbellement sur corbeaux en béton (S_1).

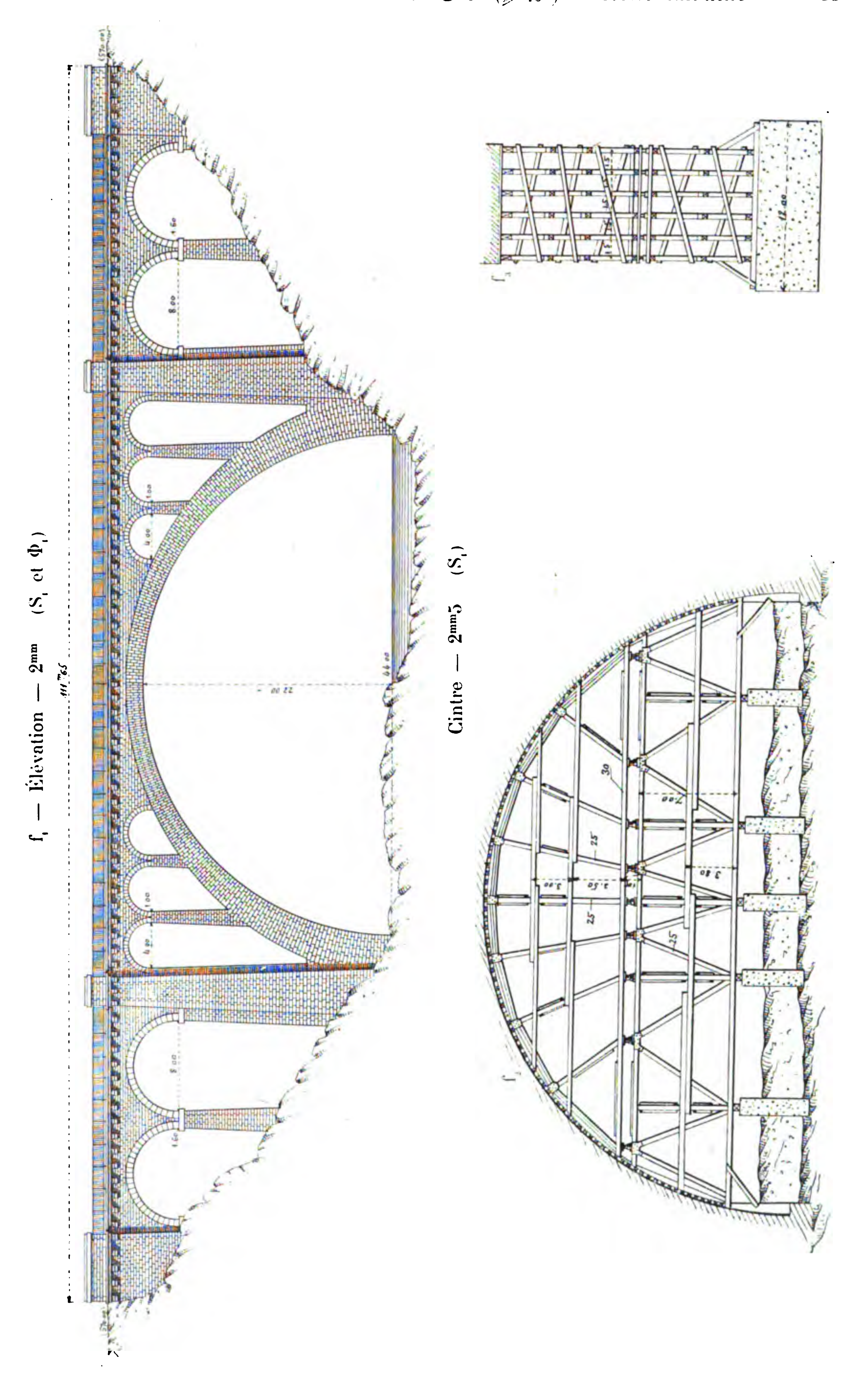
Sauf les pierres de taille du couronnement, tout est en calcaire.

3. Cintre (S_1). — Il est imité du cintre de Lavaur[3].

1. — « Baie », « Baye », en Suisse, cours d'eau.

2. — A environ 10 minutes de la station de Fontanivent-Brent (Ligne électrique Oberland-Zweisimmen-Montreux).

3. — **Â**[1] Fr (⩾ 40m)[4] — Tome II.



f₁ — Élévation — 2mm (S₁ et Φ₁)

Cintre — 2mm5 (S₁)

4. Dépenses (S₁).

Maçonneries, cintres, trottoirs, chaussée	151.000 f
Garde-corps en fer forgé	5.000 f
Études et surveillance	7.000 f
Total	163.000 f

SOURCES :

S₁. — Bulletin technique de la Suisse Romande, 20 décembre 1900 : « *Le Viaduc de Brent sur la baie de Clarens* » (article daté d'octobre 1900, — avant l'achèvement de l'ouvrage.)

S₂. — Renseignements qu'a bien voulu me fournir M. Béguin, entrepreneur à Blonay, qui a construit le cintre.

S₃. — Renseignements gracieusement communiqués par M. Bosset, Professeur à l'École Polytechnique de Lausanne.

S₄. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $C^{1}\,F^{r}$ ($\geqslant 40^{m}$)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDE VOÛTE					
				ÉPAISSEURS				
Date Symbole	*Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	Portée	CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Ballochmyle** *Écosse* 1846-1848 C'Fr (⩾10m)[1]	*195m 39* » 47m	» *8m 534* Fruit 1/36 »	55m,168	1m,371 »				1° Dalles sur murs longitudinaux de 0m61. 5 ouvertures de 0m91 2° *Archivolte. Cadres dans les tympans*
d' **Oloron** *France* 1881-1882 C'Fr (⩾10m)2	*87m 90* » 23m04 (étiage)	10m,00 2 voies.. 8m passage pour piétons. 2m *10m 20* Pas de fruit 1m 20	40m,00	1m,30 *2m,60*	1m,30 *2m 60* *à 60°*	Bandeaux : PT [1] à bossages Douelle : ME [1] Queutage : MOV [1] *Chaux du Teil 333k et Ciment Portland 111k*	Pression moyenne : à la clef.. 11k3 à 60°..... 12k5 *Méry*	1° 3 voûtes longitudinales en plein cintre 1 de 1m50 2 de 1m65 sur murs de 0m90 contreventés par 2 étages d'arcades 2° *Bandeaux à bossages*
de **Rébuzo** *France* 1898-1900 C'Fr (⩾10m)3	*94m 70* 18mm RD / RG 20m	*4m 50* *5m 00* Pas de fruit 0m 95	40m,00	1m,30 *2m,60* *à 62°*	1m,30 *1m,45* *à 70°*	Bandeaux et Douelle : ME [1] calcaire à 1900k Queutage : ME[1] calcaire à 1700k *Jusqu'à 65° de la clef : Chaux du Teil 350k* *Au-dessus : Grappier du Teil 400k*	Pression moyenne sous les tympans sans surcharge : à la clef.. 11k4 à 60°..... 9k8 *Méry*	1° 6 voûtes transversales de 4m 10 en plein cintre sur piliers de 1m10 : 4 aveuglées entre piédroits, 2 masquées par les pilastres 2° *Petite archivolte*

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

A VOIE NORMALE **SÉRIE $C^1 F^r$ (⩾ 40m)**

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D** Totaux et par unité { de surface utile S_p[3] de volume « utile » W[4].
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE							
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses					
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg/0m01² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle[2]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher » » »	Fixe Poteaux et contrefiches » Coins	6 » » »						
Schiste compact Rive gauche - 3m » *Épuisements* Rive droite - 0m98 » *A sec*	Retroussé sur 26m60 Grands arbalétriers *Sapin* Boites à sable Piston en fonte	7 *35cm* de rive : 1m17 intermédiaires: 1m84 »	581mc 5044k 51708f	1mc08 9k4 95f4	A partir de 60° de la clef : 2 rouleaux clavés à la clef seulement	» *59 jours* »	t_c = 30mm t'_v = 3mm	**D = 467 793f** D : S_p = 532f2 D : W = 30f3
Rocher calcaire - 2m 8k »	Fixe Poteaux et triangles » Boites à sable	4 *25cm* 1m57 »	197mc 4230k 7800f	0mc80 17k3 31f9	A partir de 62° de la clef : 2 rouleaux	Voûte nue *30 jours* 17 mai	t_c = 22mm t'_v = 1mm2	Q = 2801mc Q : S_p = 6mc57 Q : W = 0mc43 **D = 154 882f** régie non comprise D : S_p = 363f4 D : W = 23f6 D : Q = 55f3

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE C^1 F^r ($\geqslant$ 40m)

MONOGRAPHIES

PONT SUR L'AYR, A BALLOCHMYLE *(Comté d'Ayr — ÉCOSSE)*

Ligne de Carlisle à Glascow[1] — *(Glascow and South Western Ry)*

1846–1848 C^1 F^r ($\geqslant$ 40m)1

Φ_1 (S_2)

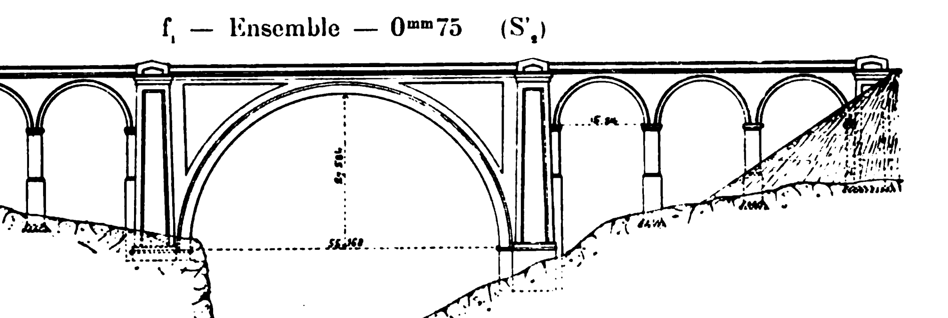


1. Dates. — Commencé en septembre 1846[2].

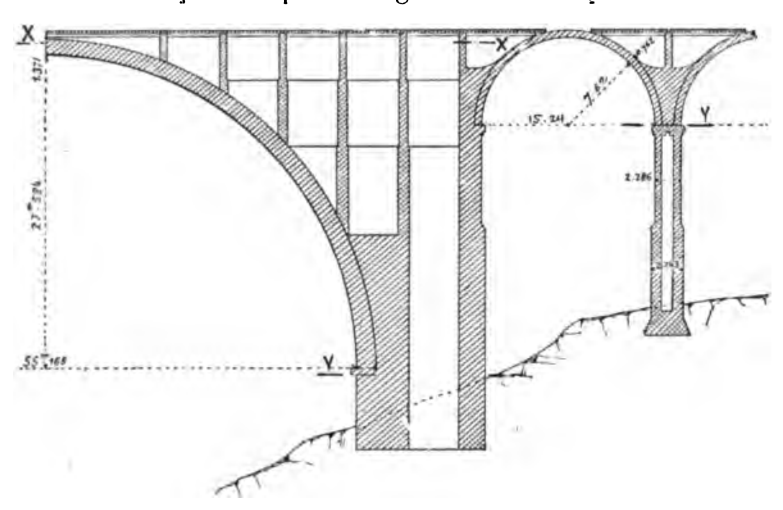
1. — Entre les stations de Mauchline et Auchinteck.

2. — On y lisait, en 1885 :
« *The Foundation Stone..... was laid according to the ancient usages of Masonry on the fifth day of september 1846....* »

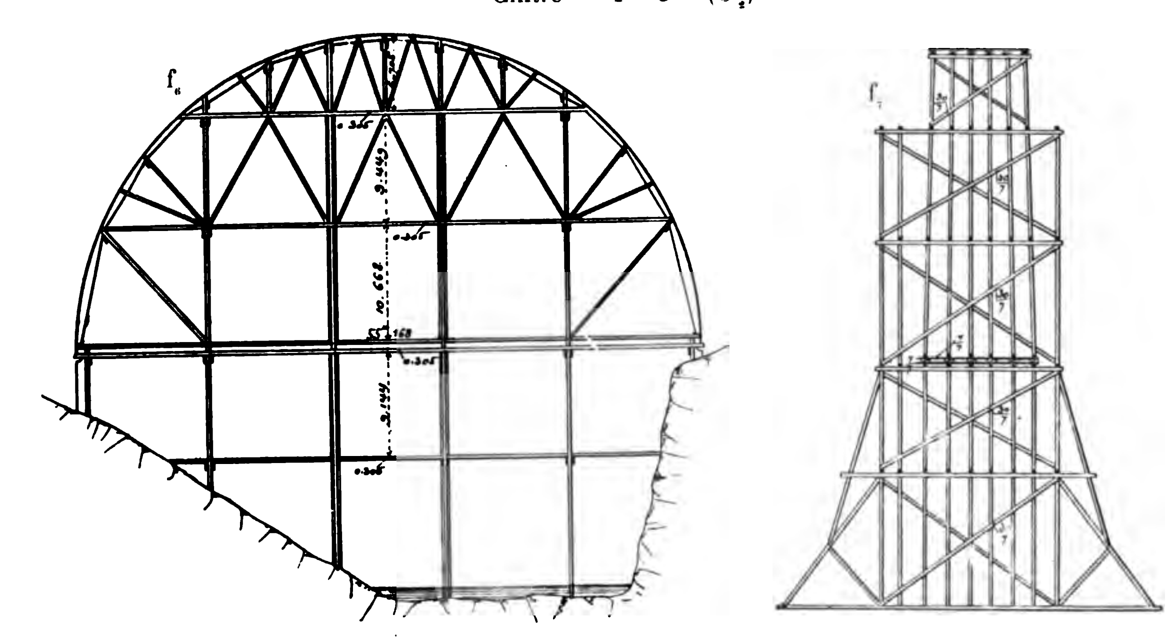
f_1 — Ensemble — 0mm75 (S'$_2$)

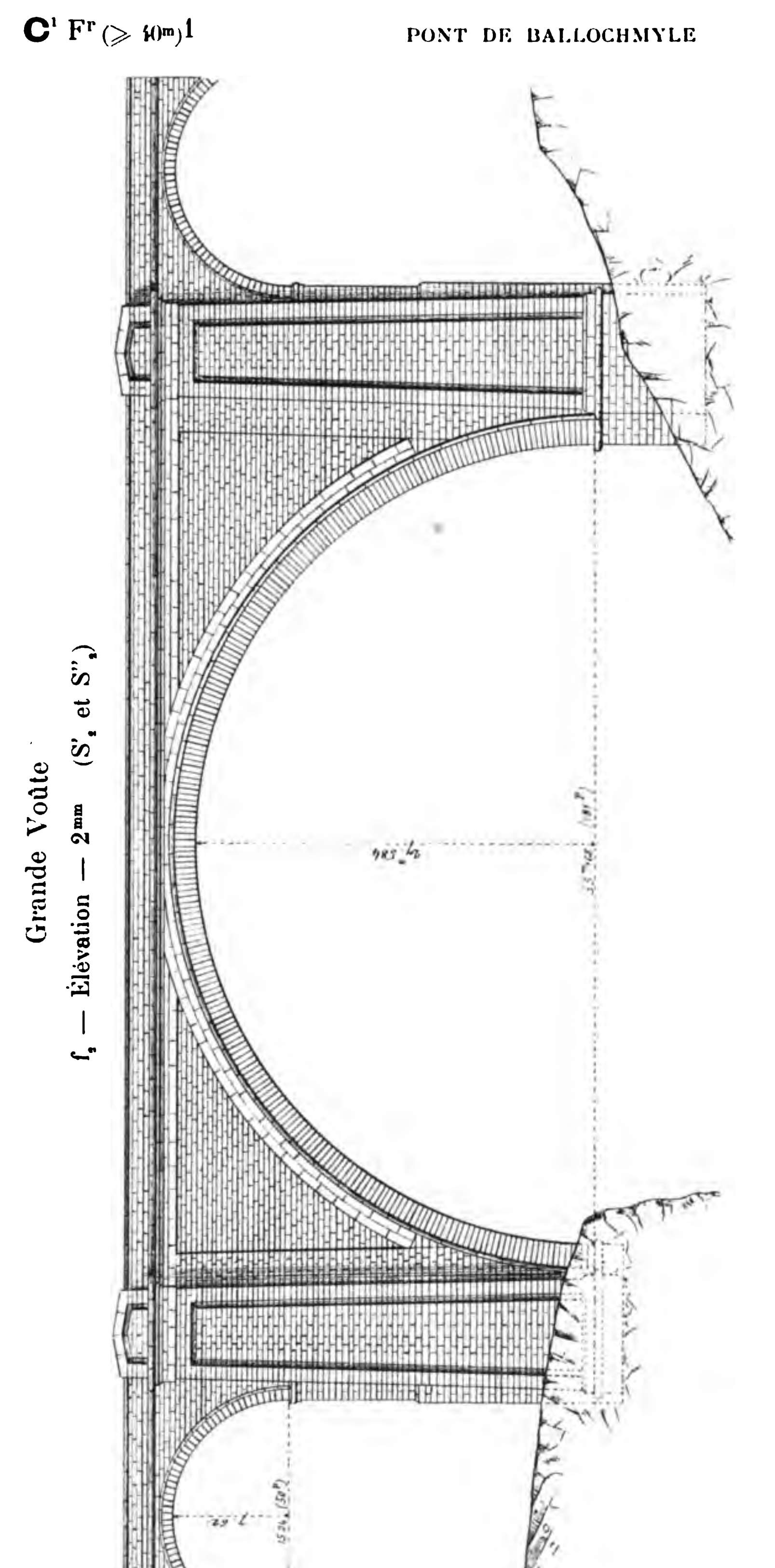


f_3 — Coupe en long — 1mm5 (S'$_2$)



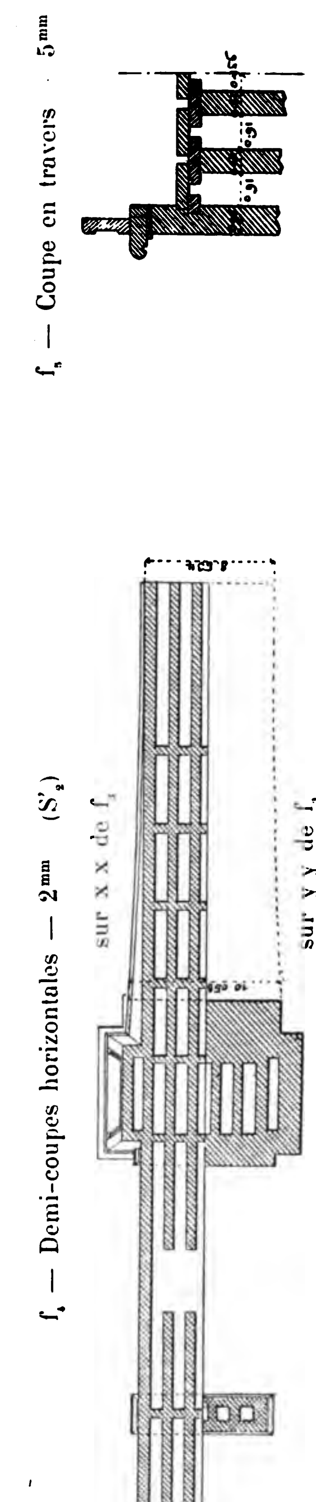
Cintre — 1mm5 (S'$_2$)





Grande Voûte

f_2 — Élévation — 2^{mm} (S'_2 et S''_2)



f_3 — Coupe en travers — 5^{mm} (S_1)

f_4 — Demi-coupes horizontales — 2^{mm} (S'_2)

2. Ingénieur. — John Millar.

SOURCES :

S_1. — Hann and Hosking, — « *The Theory, Practice and Architecture of Bridges* », — texte, — supplément, p. 144 : « Plan, Elevation and Details of the Ballochmyle Viaduct, on the Glascow and South Western Railway. », atlas, pl. XXIX et XXX (Londres 1839-1852).

Hann et Hosking déclarent, qu'au moment où les planches de leur atlas étaient à l'impression, l'Ingénieur Millar, auteur du projet, leur fit savoir que, malgré ses promesses antérieures, il communiquait ses notes à un autre éditeur.

S_2. — Dessins d'exécution (S'_2) et Photographies (S''_2) gracieusement communiqués, en août 1908, par M. W. Melville, Ingenieur en Chef du « Glascow and South Western Ry » à Glascow.

PONT SUR LE GAVE D'OLORON A **OLORON** *(BASSES-PYRÉNÉES)*

Ligne de Pau à Oloron

1881-1882 **C**[1] Fr ($\geq$ 40m)2

Φ, (S,)



1. Pourquoi on a fait une grande arche (S,). — Les crues du Gave atteignent une hauteur de 5m49, une vitesse de 4m50. Il a paru difficile de fonder en plein lit.

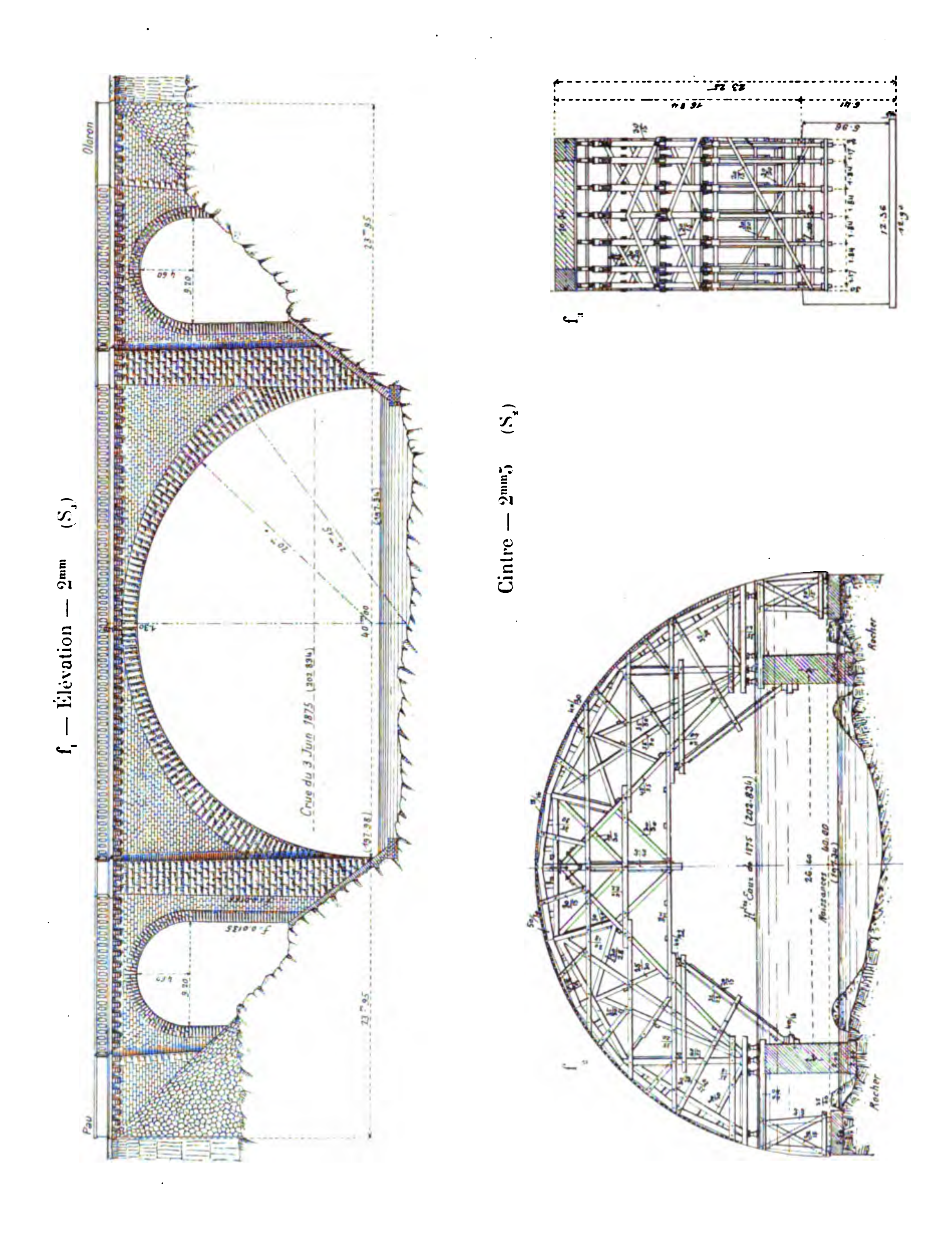
2. Aspect (S,) . — Les bandeaux à bossages ont les mêmes épaisseurs que la voûte (1m30, 2m60). C'est trop, aux reins.

Les pilastres qui encadrent le corps central sont maigres; ils coupent mal l'extrados de la voûte.

3. Personnel (S,).

Ingénieurs { en chef : M. Lemoyne.
ordinaire : M. La Rivière.

Entrepreneurs : MM. Debat et Axat.


f₁ — Élévation — 2mm (S₁)
Cintre — 2mm5 (S₂)
Oloron
Pau
Crue du 3 Juin 1875 (202.834)
Rocher

SOURCES :

S_1. — *Notice sur l'exécution des travaux du Pont d'Oloron (Chemin de fer de Pau à Oloron).* — Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées. — 19 315 — C. 1030.

La monographie : « *Pont d'Oloron sur le Gave d'Oloron* », — Exposition. Paris, 1889. Notices, Travaux Publics, p. 770 à 775, est extraite de S_1.

S_2. — Dessins autographiés du cintre donnant les quantités, prix de revient...

S_3. — Dessins d'exécution et décompte définitif.

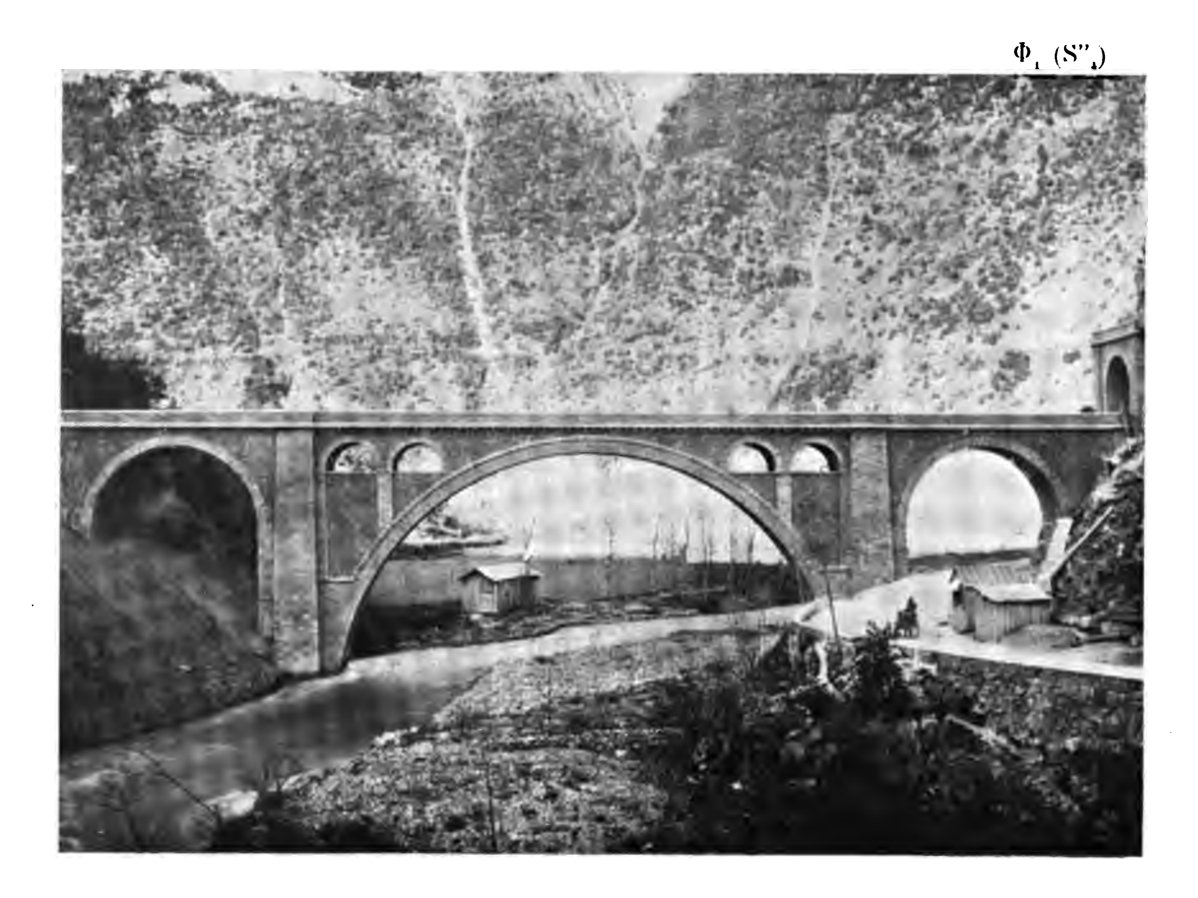
S_4. — Ce que j'ai vu — octobre 1909.

PONT DE RÉBUZO SUR L'AUDE *(AUDE)*

Ligne de Quillan à Rivesaltes[1]

1898-1900 C[1] F[r] (≥ 40m) 3

Φ_1 (S''$_4$)



1. Pourquoi on a fait une grande arche (S_2). — Le lit est encombré de gros blocs : il a paru difficile d'y fonder.

2. Aspect. — On a aveuglé le vide entre les piédroits des deux voûtes d'élégissement par 2 masques de 0m60, en retraite de 0m15 sur les têtes (S_2).

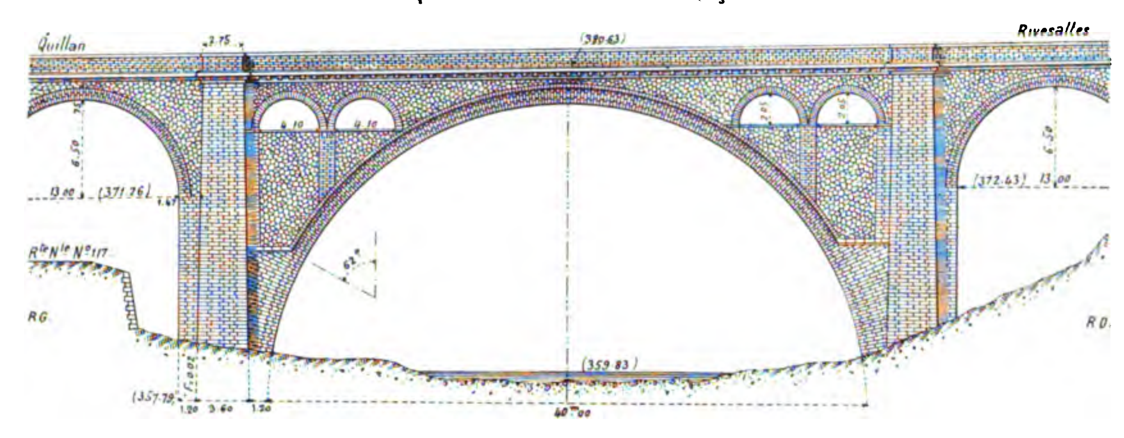
Cette étrange disposition est ainsi motivée par son auteur : elle « *allégit la* « *vue de l'ouvrage sans lui ôter de la fermeté ; elle abrite l'extrados des intempéries,* « *tout en rendant sa visite facile ; enfin, en cachant les reins de la voûte, elle permet* « *d'extradosser le bandeau sans lourdeur* » (S_2, p. 575).

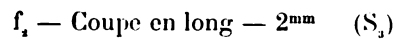
Il aurait, cependant, fallu prendre parti : ou évider, ou ne pas évider.

3. Cintre (S_2). — Quelques palées (*a*) (f_4) reposent directement sur le rocher. Les pieds des montants, coupés d'équerre, sont descendus dans une alvéole, puis noyés dans du ciment.

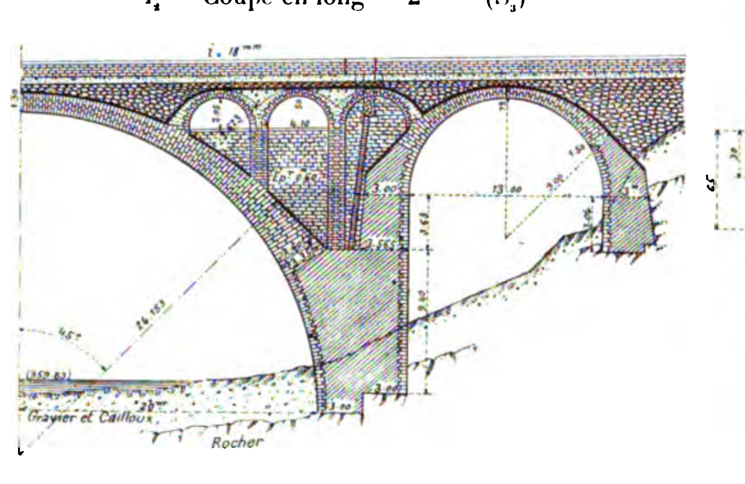
1. — Près de la station de Saint-Martin-Lys, à 7k de Quillan.

f_1 — Élévation — 2mm (S_3)

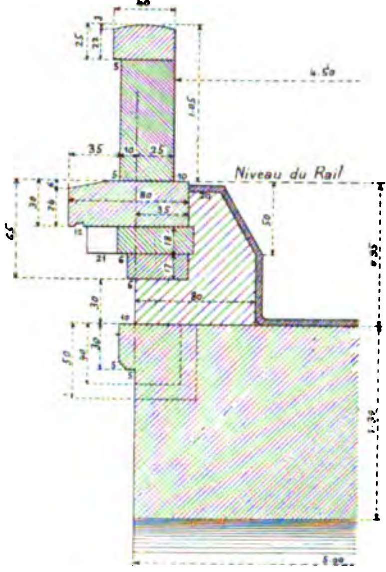




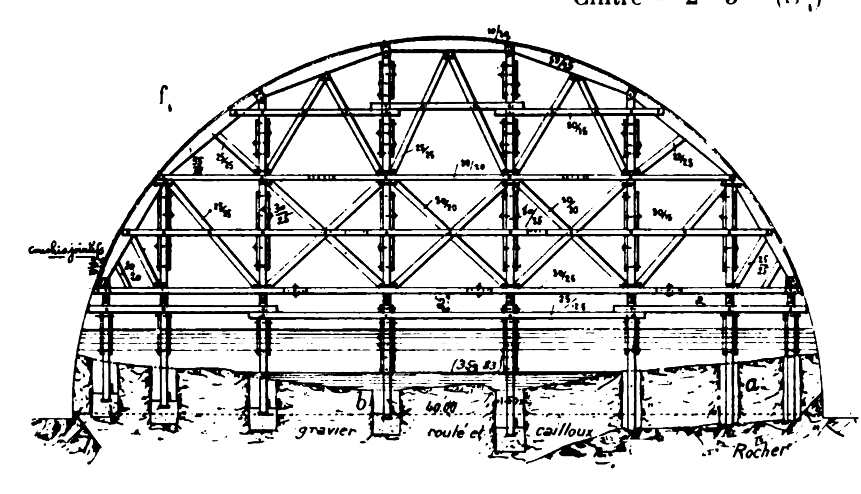
f_2 — Coupe en long — 2mm (S_3)

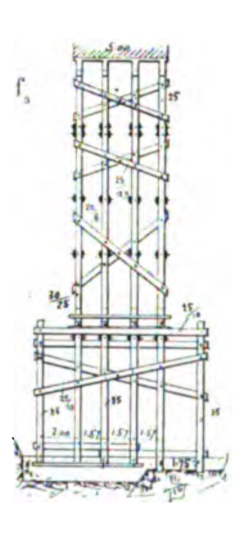


f_3 — Coupe en travers — 2cm (S_1)



Cintre — 2mm5 (S'_1)





Pour les autres (*b*), qu'on ne pouvait battre dans de gros blocs, on a creusé, — en épuisant et blindant les parois, — des fouilles jusqu'à 2^m50 et 4^m sous l'étiage et établi au fond une plateforme en béton de 0^m60.

On détournait les eaux par un batardeau longitudinal, alternativement rattaché à l'un et à l'autre bord.

Le cintre était amarré aux rives par deux câbles.

4. Exécution de la grande voûte (S_1). — Voici les épaisseurs des rouleaux :

1er rouleau :	de 62° à 57°	1^m22	(3 moellons)
	de 57° à 40°	0 85	(2 moellons)
	de 40° à la clef	0 425	(1 moellon)
	moyenne	0 61	
2e rouleau :	épaisseur moyenne	1 34	

5. Dates (S_1).

Commencement des travaux	mai 1898
1er rouleau	27 février — 17 mars 1899
2e rouleau	» — 15 avril 1899
Achèvement du pont	février 1900

6. Dépenses (S_1). — totales[2] à l'entreprise, non compris les dépenses en régie .... 154.881 ^f 54

7. Personnel (S_4).

Ingénieurs { en chef : M. Bouffet (Projet et travaux). / ordinaire : M. Garau (Travaux).

Entrepreneurs : MM. Allary et Chevalier.

2. — D'après S_2, p. 579, l'ouvrage n'aurait coûté que 80.000 f.
D'après le décompte définitif, la dépense s'est élevée à :

Ouvrage proprement dit	87.991 f 52
Indemnité transactionelle	66.890 f 02
Total (à l'entreprise, régie non comprise)	154.881 f 54

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution et décompte, qu'a bien voulu me communiquer M. l'Ingénieur en chef Cornac.

S_2. — Exposition, Paris 1900, — Notices, Travaux publics, p. 574 à 580 : « *Viaduc de Rébuzo.* »

S_3. — Profil en long itinéraire de la ligne de Quillan à Rivesaltes, du 20 juillet 1904.

S_4. — Pièces gracieusement données par M. l'Ingénieur en chef Bouffet.

S'_4. — Dessins du cintre (1/100e).

S''_4. — Photographies.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

Série C^{1} f^{r} ($\geqslant 40^{m}$)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDE VOÛTE Portée	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/$\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEME[…] DES TYMPA[…] 2° *DÉCORATI[…] DES TÊT[…]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Solis** *Suisse* 1901-1902 $C^1 f^r (\geqslant 40^m)$[1]	*163m* 0 86m	{ 4m,00 / *3m 70* Fruit 1/40 1m 20	42m,00	{ 1m,40 / *2m,40*	{ 1m,40 / *2m,40 à 60°*	Bandeaux : ME[1] gros bossages Douelle : ME[1] taille plate sauf aux retombées Queutage : MOV[1] Tout en calcaire *Ciment : 400k*	Pression maxima (avec surcharge / sans surcharge) Clef : 23k 2 / 19k 6 Joint de rupture : 20k 3 / 17k 1 Retombées : 17k 8 / 12k 7 (calculs faits pour une voûte de 40m) *Arc élastique* *Méthode graphique* *Ritter* 3 locomotives de 44t5 sur 10m345 et 2 fourgons de 16t5 sur 8m68 dans la position la plus défavorable. Variation de température de —15° à +10°	1° 6 voûte[…] transvers[…] en plein-ci[…] de 3m5[…] sur piles d[…] et 1m2[…] 2° *Écusso[…] à la cl[…]*

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

A VOIE ÉTROITE SÉRIE C[1] fr (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE							Q
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	DÉPENSE D
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg $\overline{0^{m}01^{2}}$ Procédé	FERMES: Type Matière Appareils de décintrement	FERMES: Nombre Épaisseur Écartement d'axe en axe Surhaussement	Cube de bois Poids de fer Dépenses: Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses: par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont Temps entre le dernier clavage et le décintrement Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher en strates presque verticales *Schiste cristallin (Lias)* » Pression maxima 9k8 »	Retroussé sur 27m » » Boîtes à sable	4 *22c à 30c* 1m15 *100mm*	200mc (bois équarri) environ 2000k 15500f	0mc85 8k5 66f1	3 rouleaux de même épaisseur Dans chaque rouleau : 4 tronçons, 3 clavages simultanés	Voûte nue *21 jours* 21 juin	t_c = 51mm t'_v = 0 t''_v = 0	Q = 3251mc Q : S_p = 4mc98 Q : W = 0mc24 Q : W' = 0mc35 [5] **D = 124 164f** D : S_p = 190f4 D : W = 9f1 D : W' = 13f5 [5] D : Q = 38f2

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE C[1] f[r] (⩾ 10m)

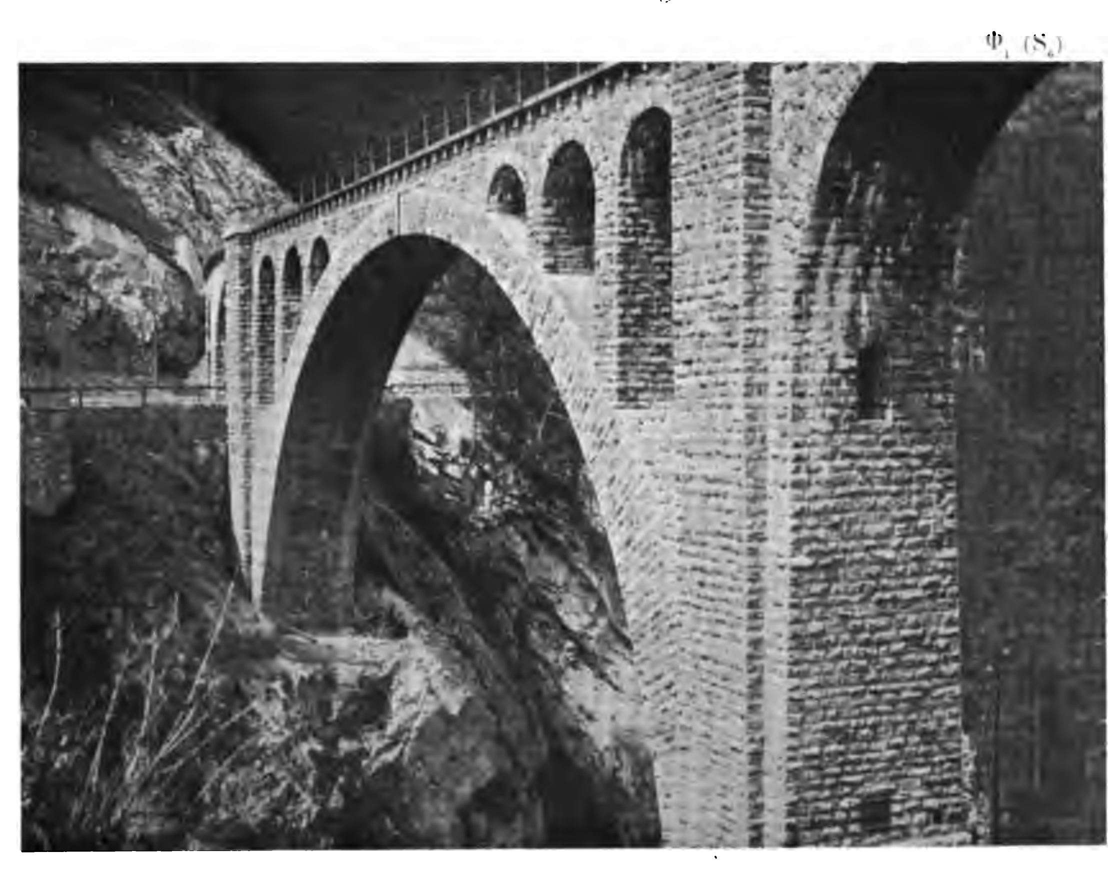
MONOGRAPHIES

PONT SUR L'ALBULA A SOLIS[1] (SUISSE)

Ligne à voie de 1m de Thusis (Grisons) à Saint-Moritz (Engadine)[2]

1901-1902 C[1] f[r] (⩾ 10m) 1

Φ_1 (S_6)



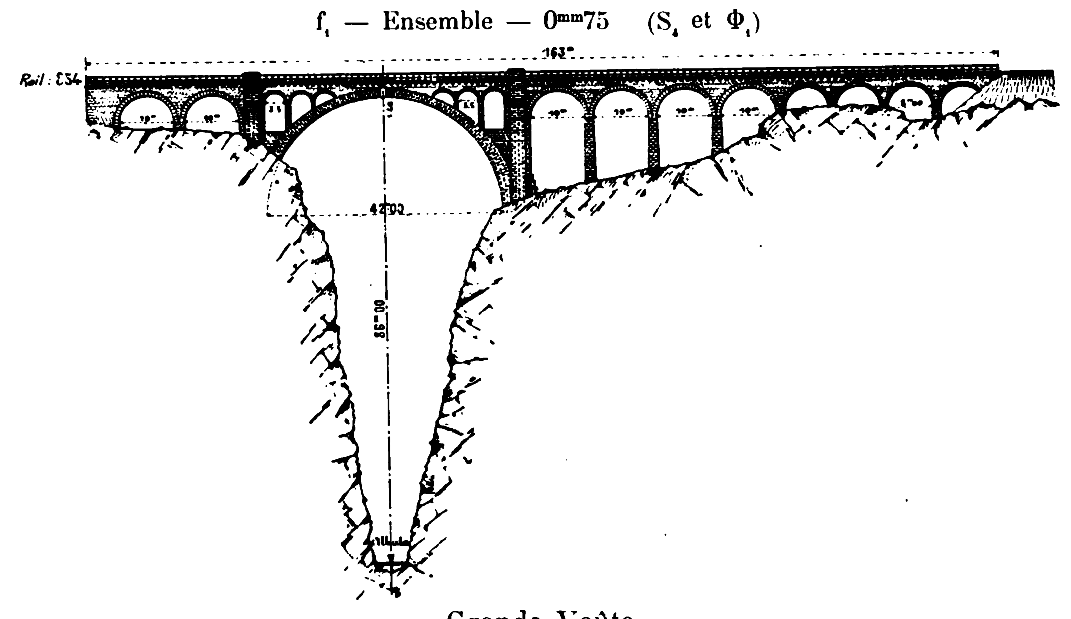
1. Aspect (S_6). — On n'a pas évidé assez bas le tympan aux reins de la grande voûte.

Les pilastres, la tablette sous garde-corps, le garde-corps, paraissent maigres.

1. — A 500m au-delà de la station de Solis, à 8 k 650 de Thusis (S_4).

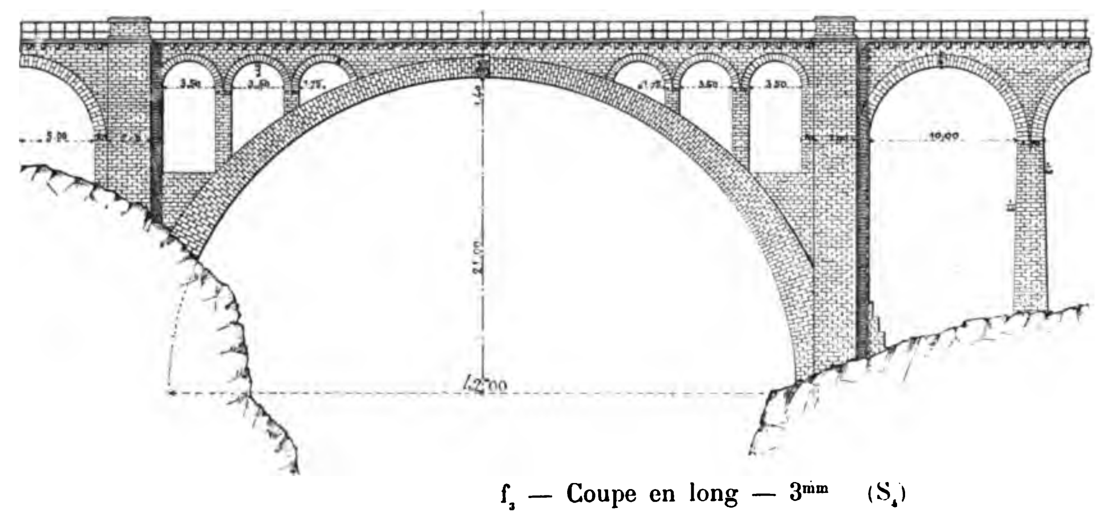
2. — Rhätische Bahn.

f_1 — Ensemble — 0mm75 (S_4 et Φ_1)



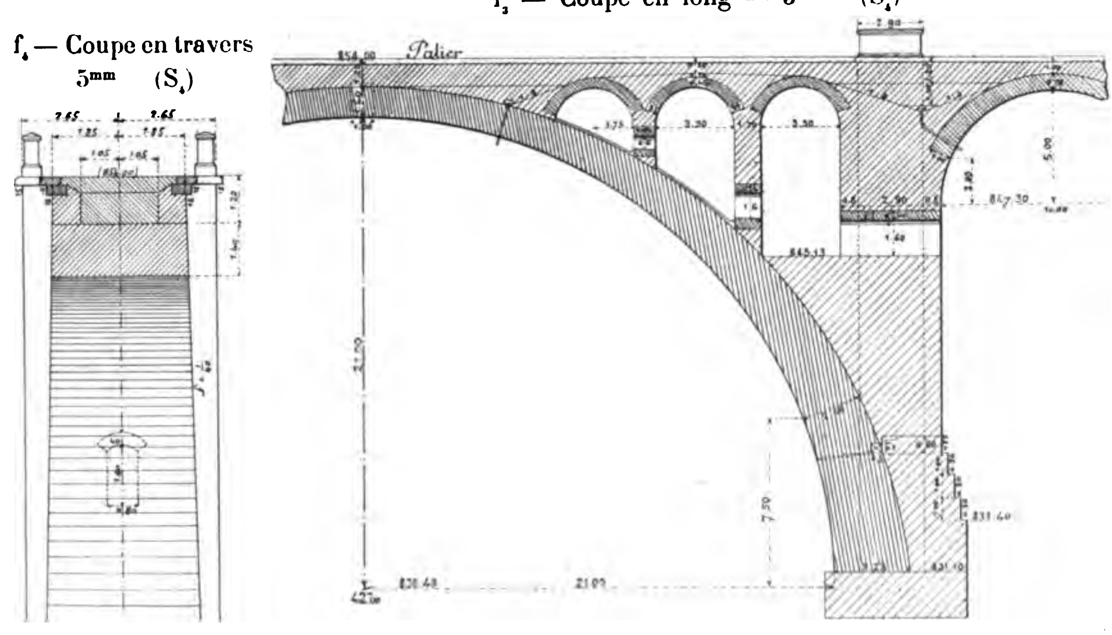
Grande Voûte

f_2 — Élévation — 2mm (S_4 et Φ_1)



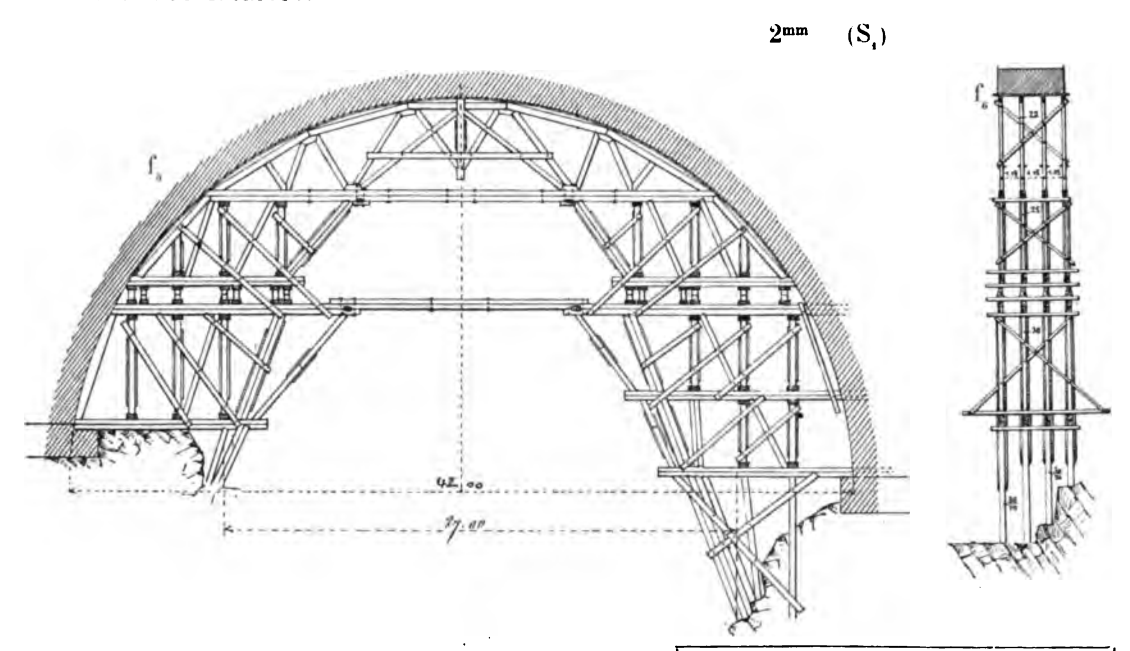
f_3 — Coupe en long — 3mm (S_4)

f_4 — Coupe en travers 5mm (S_4)



On a, — comme il convenait, — traité très simplement l'ouvrage, surtout les viaducs d'accès.

2. Cintre. — Le cintre n'est retroussé que sur 27m : la voûte en a 42. Il semble donc qu'on eût pu la réduire. Mais il a paru imprudent de l'appuyer près du bord des falaises.



3. Dépenses (S3).

		Quantités	Prix d'unité	Prix total
Fouilles		951mc4	3f	2854f20
Maçonnerie	ordinaire	2217mc1	15f et 18f	39624f90
	assisée	20mc06	34f	682f04
	de pierre de taille (PT) — calcaire	24mc10	60f	8040f
	de pierre de taille (PT) — granit	39mc92	150f	
		3mc03	200f	
	de voûte — Moellons ordinaires lités (MOV)	397mc73	28f	11136f44
	de voûte — Moellons équarris (ME)	542mc46	55f	29835f30
	de voûte — Libages (L)	6mc37	80f	509f60
Chape		326mq	5f	1630f
Plus-value pour exécution de certaines maçonneries (bandeaux des voûtes, parements vus, etc.)		»	»	13158f
Divers		»	»	3693f40
Cintres	Fourniture (bois)	200mc	25f	5000f
	Montage et démontage	»	»	8000f
	Total			124163f88

4. Dates (S_1 — S_5).

Clavages	1er rouleau	10 mai 1902
	2e rouleau	20 — —
	3e rouleau	31 — —
Décintrement		21 juin 1902 (S_5)
Ouverture à la circulation		1er juillet 1902 (S_5)

5. Personnel.

Ingénieur en chef, Directeur des travaux : M. le Professeur Hennings (S_4).
Ingénieurs (S_5) { Projet : M. G. Albrecht; (calcul : M. Hans Studer).
Exécution : M. G. Albrecht.
Entrepreneurs : MM. Cayre et Marasi, de Turin (S_5).
Projet du cintre : M. Marasi (S_5).

SOURCES :

S_1. — Schweizerische Bauzeitung, — 16 janvier 1904, p. 29 à 32; — 23 janvier, p. 41 à 48; — 30 janvier, p. 60 et 61 : « *Die Neuen Linien der Rhätischen Bahn, — Die gewölbten* « *Brücken der Albulabahn.* »

S_2. — Revue Générale des Chemins de fer, — février 1905, p. 88 à 108 : « *Les nouvelles* « *lignes du Chemin de fer rhétique* », M. F. Rey, Ingénieur. (Extrait du Bulletin de la Suisse romande, — 25 décembre 1903).

S_3. — Copie du décompte de l'entreprise, qu'a bien voulu me communiquer M. Bosset, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Lausanne.

S_4. — *Projekt und Bau der Albulabahn, Denkschrift im Auftrage der Rhätischen Bahn* zusammengestellt von Dr. F. Hennings, Prof^r am Eidgenössischen Polytechnikum, seinerzeit Oberingenieur der Rhätischen Bahn — Coire 1908.

S_5. — Renseignements gracieusement communiqués par M. l'Ingénieur Hans Studer.

S_6. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS ROUTE

Série $C^n r^{te}$ ($\geqslant 40^m$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *entre tympans* *sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	Portée	GRANDES VOÛTES ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1me de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/$\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
d' **Ornaisons** *France* 1745-1752 **C^n r^te** (≥ 40m)1 *3 voûtes en plein-cintre : une de 42m 9 entre 2 de 19m 5*	*118m 90* 66mm 66mm »	7m 92 *8m 78* Pas de fruit »	42m,9		1m,70 »	Bandeaux : PT 1 à crossettes (joints de 2mm)		1° » 2° *Petit cartouche à la clef*
de l' **Avenue** du **Connecticut** à **Washington** *États-Unis* 1899-1901 1904-1908 **C^n r^te** (≥ 40m)2 *7 voûtes en plein cintre : 5 de 45m 72, 2 de rive de 24m 993*	*408m 72* 0 40m	15m 545 » Pas de fruit 2m74	45m,72	1m,524 *2m,59*	1m,524 *2m 59* *à 60°*	Bandeaux : Béton moulé (joints de 2mm) Corps : Béton coulé *ciment 1vol* *sable 2vol* *pierre cassée 4vol 5*		1° Voûtes transversal en plein cint en béton arm de 4m267 sur piles de 0m914 : 6, vues, au-dessus d chaque grande voût 1, masqué au-dessus d chaque pil 2° »

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $C^n r^{te}$ (> 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION — FONDATIONS: Nature du sol, Profondeur sous l'étiage, Pressions sur le sol en kg/0m01², Procédé	GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES: Type, Matière, Appareils de décintrement	Nombre, Épaisseur, Écartement d'axe en axe, Surhaussement	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses: Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT: État d'avancement du pont, Temps entre le dernier clavage et le décintrement, Date	TASSEMENTS DE LA CLEF: sur cintre t_c, au décintrement t'_v, après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D: Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
								D = 180 000 livres D : S_p = 191L D : W = 14L
Rocher −1m50 à −12m sous le sol » »	Fixe *Pin* Coins sous les vaux	» *Étage supérieur 25f* *Étage inférieur 10f* » »			Béton pilonné par tranches entre cloisons transversales Les 5 voûtes construites en même temps	Voûtes d'élégissement achevées *Voûtes faites au commencement de l'hiver, décintrées au commencement de l'été*	t_c (maximum pour les 5 voûtes) = 83mm t'_v < 2mm	D = 4 500 000f D : S_p = 708f0 D : W = 25f9

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE $C^{n}\ r^{te}$ (⩾ 40m)

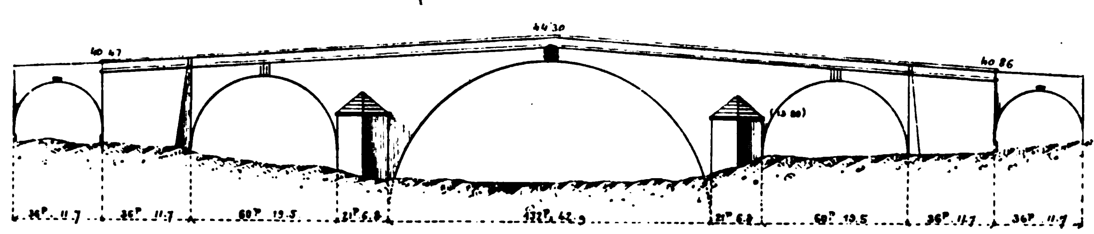
MONOGRAPHIES

PONT SUR L'ORBIEU, PRÈS D'ORNAISONS *(AUDE)* [1]

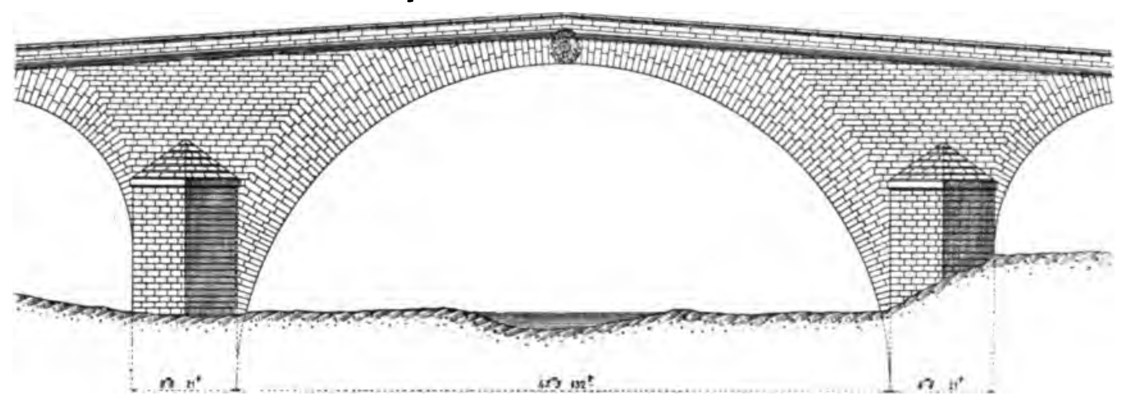
Ancienne route de Narbonne à Toulouse

1745-1752 $C^{n}\ r^{te}$ (⩾ 40m) [1]

f_1 — Ensemble — 1mm [2]



f_2 — Grande arche — 2mm [2]



1. Dispositions à signaler (S_4). — Les piles entre deux voûtes très inégales, 42m9 et 19m5, n'ont que 6m8 aux naissances.

Les becs triangulaires sont comme plaqués sur les larges tympans du pont : ils n'y sont point reliés. Ils facilitent peu l'entrée de l'eau.

1. — A quelque 6 k au Sud-Est de Lézignan (Station entre Carcassonne et Narbonne).

2. — D'après un dessin à 1/100 gracieusement communiqué par M. l'Ingénieur en chef Cornac, et, pour quelques détails d'appareil, d'après mes photographies.

M. Cornac a bien voulu faire vérifier, sur ma demande, en juillet 1907, la portée de la grande arche, 42m9.

Gauthey donne, à tort, l'arche de Rumilly sur le Chéron (Savoie) (39m — 1785), comme « *la plus grande arche en plein cintre... construite (au XVIIIe siècle) en France* » (Tome I, p. 85).

L'angle de leur sommet est droit.

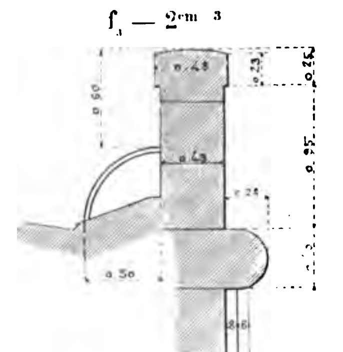
Φ. (S.)



Les voûtes sont en pierre de taille dont quelques-unes très longues, — à joints très minces (2mm environ).

Leur sommet est marqué, — pour les deux arches de rive —, par une clef et deux contre-clefs en saillie sur les tympans et non sur la douelle ; — à la grande arche, par un maigre cartouche portant la Croix du Languedoc.

f. — 2cm 3



La corniche est un mince boudin sans larmier (f.) ; dessous, l'eau a détérioré quelques pierres des tympans.

Elle se retourne autour des culées des voûtes de rive qui sont en saillie, et s'y arrête. L'ouvrage est ainsi bien détaché des murs d'accès, simplement crépis, sans corniche ni bahut.

On voit (avril 1908) quelques fissures des tympans aux reins des voûtes.

On paraît avoir déterminé d'abord l'emplacement des piles-culées et s'être ensuite imposé un plein cintre entre elles. Les hautes eaux ne commandaient pas cette revanche démesurée. Avec une anse de panier comme

3. — Relevé par M. de Dartein (S_3).

au pont de Toulouse, achevé depuis plus d'un siècle [4], on n'aurait pas eu de rampes de 66mm, ni tant de tympans, et on n'aurait pas enterré les naissances.

2. Historique et Exécution. — Marchés de mars 1745 et février 1746. — Le pont fut adjugé en mars 1745 au sieur Projet pour 100.000 livres, « *en blot et à fort fait* »[5] : mais quand on eut fondé l'une des piles et qu'on voulut travailler à l'autre, on s'aperçut[5] que le rocher rencontré n'était qu'une dalle mince.

On dut abandonner la fondation faite et changer le projet. C'est alors que de Carney proposa d'exécuter l'ouvrage tel qu'il est actuellement.[5]

Un deuxième marché du 23 février 1746[6] éleva le prix d'une somme de 66.000 livres « *moyennant laquelle il* (l'entrepreneur) *se chargeroit de rendre le pont* « *parfait, conformément aux nouveaux plans... et de se fournir les ceintres... à ses* « *périls, risques et fortunes sans pouvoir rien demander à la province sous aucun* « *prétexte, au-delà de cette somme, qui jointe avec le prix de la première adjudication* « *forme un total de cent soixante six mille livres.* »[7, 8]

1746. — On éleva les deux piles « *à une hauteur qui les met hors d'insulte* « *contre les crües d'eau.* »[9]

1748. — On a « *travaillé... à achever les piles et les culées jusques à la* « *retombée des arches, et ramassé grande partie de mattériaux à pied d'œuvre pour* « *pouvoir passer incessament les voûtes...* »[10]

1749. — Chute du grand cintre (août 1749). — « ...(le) *ceintre* (de la « grande arche)... *croula au mois d'aoust dernier* (1749) *lorsqu'on avait déjà posé* « *une partie des pierres de la voûte, sans qu'on aye pû savoir... la cause de la* « *destruction de ce ceintre...*[11]

L'accident est survenu à la voûte « *dans le temps qu'on était prêt d'en poser* « *les clefs.* »[12]

« *...feu M. Carné... avait fait les ceintres trop faibles pour porter tout le* « *poids de la voûte, qui tomba en ruine avant que la clef fut posée, et entraina la* « *perte de 11 ouvriers.* » (S_2)

Le nouveau cintre étudié par Pitot[13], Directeur des Travaux publics de la

4. — 1542-1632.

5. — S_1 — Séance du 19 février 1746.

6. — Cette date est précisée dans S_1 — séance du 12 février 1750.

7. — S_1 — Séance du 25 février 1746.

8. — Les marchés « *contenoient une renonciation expresse de la part de l'entrepreneur à toute* « *demande en augmentation du prix indemnité en plus value sous quelque cause ou pretexte que ce peut* « *être même de lésion enormissime et de moitié de juste prix.* » (S_1 — Séance du 13 février 1754)

9. — S_1 — Séance du 5 décembre 1746.

10. — S_1 — Séance du 23 décembre 1748.

11. — S_1 — Séance du 12 février 1750.

12. — S_1 — Séance du 13 février 1754.

13. — Le 6 juillet 1726, Pitot avait remis à l'Académie des Sciences un Mémoire ayant pour titre : « *Examen de la force dont on se sert dans la construction des grandes voûtes, des Arches des Ponts, etc...* »
Il dit (page 217) : « *Je ne cherche pas ici la forme la plus parfaite qu'on puisse donner aux cintres,* « *ce que je me propose dans ce Mémoire est de chercher des règles pour connoître et calculer leur force...* » — Histoire de l'Académie Royale des Sciences (Paris, — Imprimerie Royale MDCCXXVIII), page 216 et suivantes, Pl 13 et 14.
Ce serait le 1er essai de calcul des cintres (Gauthey, tome II, p. 11).
Pitot aurait imité, à Ornaisons, le cintre « *dont Michel-Ange s'est servi fort heureusement pour construire la voûte de Saint-Pierre de Rome...* » (S_4).

Sénéchaussée de Beaucaire et Nîmes, était soutenu au milieu « *par une fausse pile* « *fondée sur pilotis.* » (S_1).

1752. — A la fin de 1752, le pont « *se trouve entièrement acheré et en état de* « *réception.* »[14]

Garipuy père (successeur de de Carney) et Pitot trouvent (en 1753) l'ouvrage « *parfaitement bien exécuté.* »[15]

En octobre 1760, les trois Directeurs des Travaux publics de la Province : Pitot (Beaucaire et Nîmes), Garipuy père (Carcassonne) et de Saget (Toulouse) constatent que « *le Pont ny les murs d'arenñe n'ont fait aucun mouvement depuis* « *les dres réparations qu'on y a fait en 1756 que par consequent il ny avoit* « *rien à craindre sur leur solidité, que les allarmes quon avoit eue a ce sujet n'ont* « *été occasionnées que par la vue des Lezardes qu'on aperçoit aux parapets en* « *passant sur le pont.* »[16]

3. Dépenses (en livres). Marché du 23 février 1746, prix en bloc et à forfait 166.000

Supplément pour changements ordonnés en cours de travaux par de Carney (l'augmentation totale de dépense : 11.720 livres, 13 sous, 4 deniers, s'appliquait aussi au pont sur l'Auzon et aux accès de celui d'Ornaisons). — Avec M. de Dartein (S_3), je compte par aperçu 10.000

Indemnité accordée « *par grâce et sans tirer à conséquence.* »[17] 4.000

Total, non compris les avenues d'accès, environ 180.000

4. Ingénieur. — de Carney, — Directeur des Travaux publics de la Sénéchaussée de Carcassonne, de 1740 à 1752.

14. — S_1 — Séance du 18 novembre 1752.
15. — S_1 — Séance du 13 février 1754.
16. — S_1 — Séance du 11 décembre 1760.
17. — S_1 — Séance du 13 février 1754.

SOURCES :

S_1. — Procès-verbaux des Assemblées de Nosseigneurs des Etats de la Province de Languedoc, — extraits copiés sur les manuscrits déposés aux Archives de la Préfecture de la Haute-Garonne.

S_2. — Belidor : « *Architecture hydraulique* » 2e partie, — Tome second, p. 451, Paris Firmin-Didot, MDCCLXXXX.

S_3. — M. de Dartein : « *Etudes sur les ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* », volume 3 : « *Ponts français du XVIIIe siècle — Languedoc*, p. 23 à 28, Pl. I et II.

S_4. — Ce que j'ai vu — avril 1908.

PONT DE L'AVENUE DU CONNECTICUT

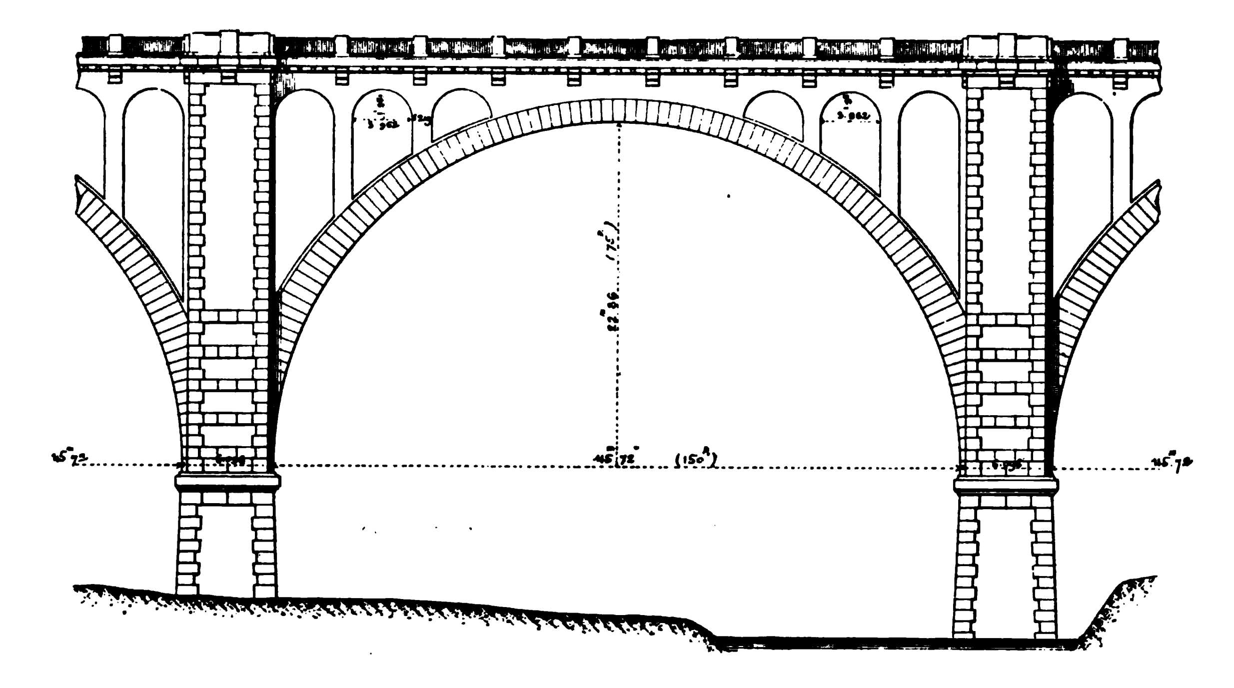
SUR LE ROCK CREEK, A **WASHINGTON** *(ÉTATS-UNIS)*

1899-1901
1904-1908

$C^{n} r^{te} (\geq 40^{m})^{2}$

f_1 — Ensemble — $0^{mm}4$ (S_2)

f_2 — Arche centrale — 2^{mm} (S_2)



1. Dispositions à signaler. — Tout est en béton.

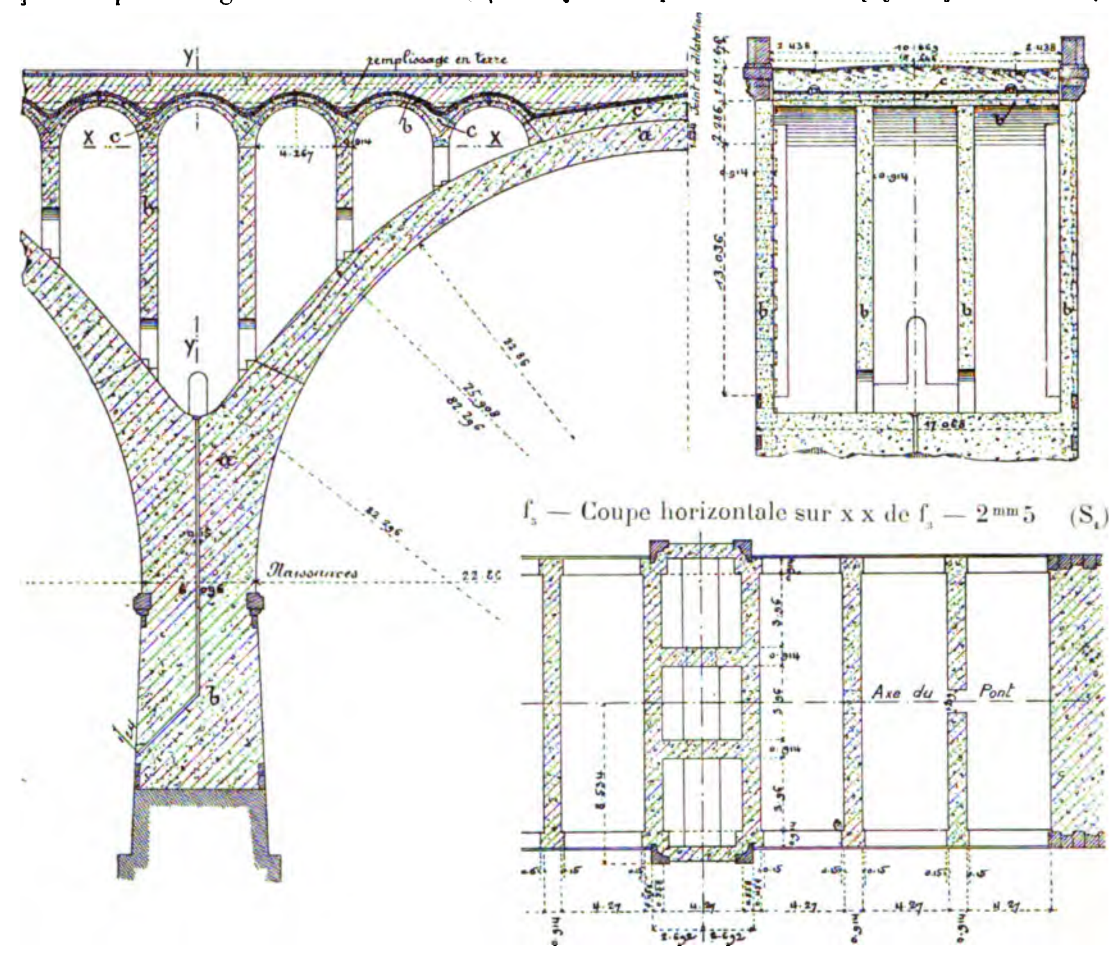
Sont en blocs de $0^{m}50$ à $0^{m}70$ d'épaisseur de béton moulé les bandeaux et les cordons des naissances, les angles des piles, leurs chaînes horizontales, les consoles de la plinthe et, d'une manière générale, ce qu'ailleurs on aurait fait en pierre de taille.

Tout le reste est en béton coulé en place.

Les parements vus, qui sont en mortier, sont faits en même temps que le béton, c'est-à-dire en place, pour le béton coulé ; — dans des moules, pour le béton moulé.

La voûte d'évidement au-dessus des piles est, en élévation, aveuglée par un rideau plein figurant un pilastre.

f_3 — Coupe en long sur l'axe — 2mm5 (S_1) f_4 — Coupe en travers sur y y de f_3 — 2mm5 (S_1)



f_5 — Coupe horizontale sur x x de f_3 — 2mm5 (S_1)

Sur le remplissage en terre de 1m20 (S_3), sont étalés : d'abord une couche de béton de 12cm, puis un lit de poussier de charbon [1] de 3cm9, enfin, pour la chaussée, du macadam (S_3) que devait remplacer une couche d'asphalte de 3cm9 (S_2).

Les parements sont en mortier.

On y a employé :

pour les voussoirs de tête, au lieu de sable, de la diorite bleue pulvérisée (S_3), à 1 volume de ciment pour 3 de débris : ils sont gris bleu ;

pour les autres, du sable brun de rivière : ils sont rose-jaunâtre (S_3).

Les parements cachés des culées ont reçu deux couches de coaltar.

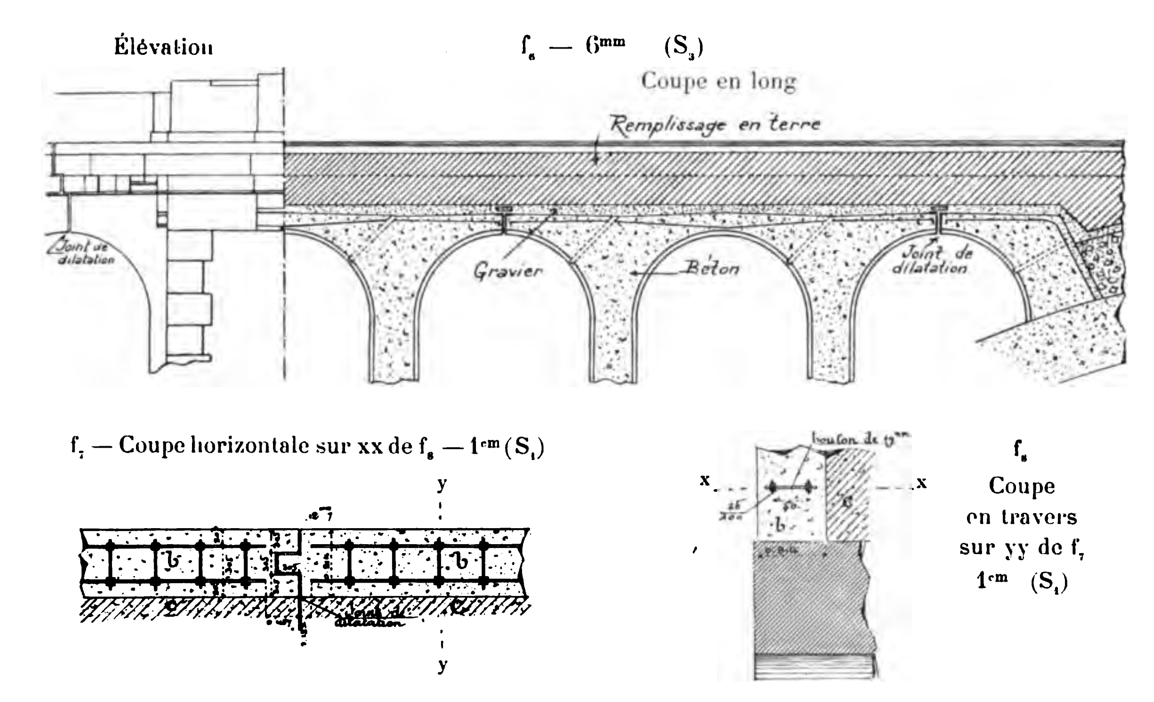
A l'entrée du pont, sont couchés deux grands lions en béton armé [2].

1. — « *cinders* ».

2. — Adjugés à 150 $ le yard cube en place (1017f le mètre cube), non compris les honoraires des sculpteurs. (Engineering News, 19 novembre 1908).

2. Joints de dilatation. — *A. - Dans les voûtes d'élégissement* (f_6, f_7). La clef d'une voûte sur deux (S_3) est coupée par un joint vertical de $2^{cm}5$ (S_4) provisoirement bouché, au moment de l'exécution, par du mortier de chaux.

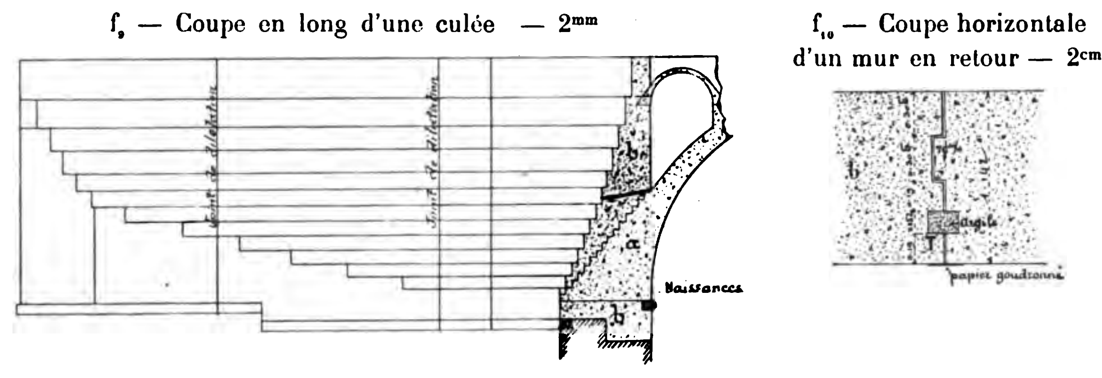
On y a constaté des ouvertures de 3^{mm} (S_3).



Quand ces joints sont ouverts, les 1/2 voûtes voisines sont en porte-à-faux : on les soutient par deux fers horizontaux de $25^{mm}/100^{mm}$ disposés dans chacun des tympans, interrompus à chaque joint de clef et reliés transversalement par des boulons (f_6, f_7, f_8).

B. - Dans les murs en retour des culées (f_9, f_{10}) (S_4). — Les murs des culées sont coupés par deux joints verticaux à saillants et rentrants. Ces chicanes et le tympan d'argile T (f_{10}) doivent arrêter l'eau.

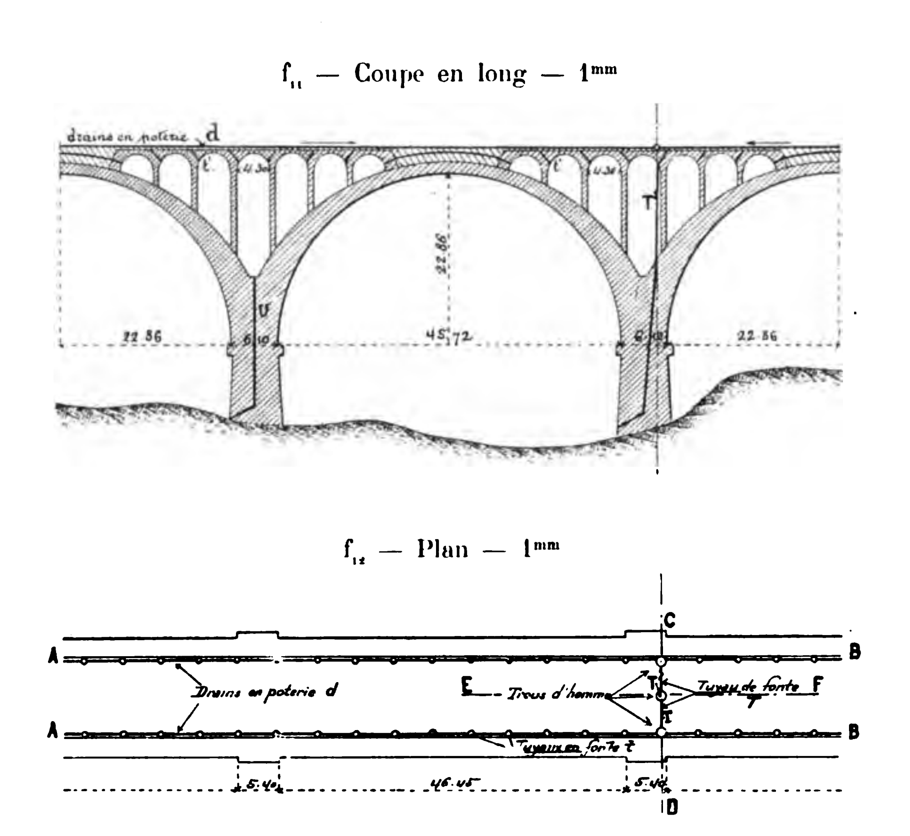
On y a constaté aux plus grands froids une ouverture de $4^{mm}8$.



En juin 1905, ils n'avaient plus que $1^{mm}6$.

3. Ecoulement des eaux (S_3). — *A. - Eaux recueillies dans les rigoles* (f_{11} à f_{14}). — L'eau des rigoles descend par des tuyaux *t* (f_{12}, f_{13}) dans deux drains longitudinaux en poterie *d*, de 0m30, en pente de 0,66 à 1,6 °/₀, — soit vers

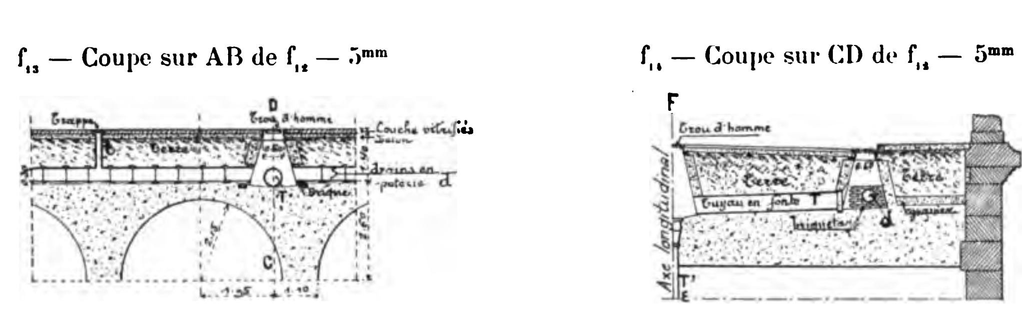
f_{11} — Coupe en long — 1mm



f_{12} — Plan — 1mm

f_{13} — Coupe sur AB de f_{12} — 5mm

f_{14} — Coupe sur CD de f_{12} — 5mm



les culées où elle est versée dans les égoûts, — soit vers la 4e pile, à un tuyau T' (f_{11}, f_{12}, f_{14}) qui les conduit au thalweg.

Les tuyaux *t*, T, T' sont en fonte.

B. - Eaux qui ont traversé la chaussée. — Elles descendent, par des tuyaux *t'* (f_{11}) placés aux reins des petites voûtes, d'abord sur l'extrados des grandes, puis sur le sol par des conduites U (f_{11}).

4. Dosage du béton (S_3, S_4). — Il est le même pour le béton moulé et le béton coulé.

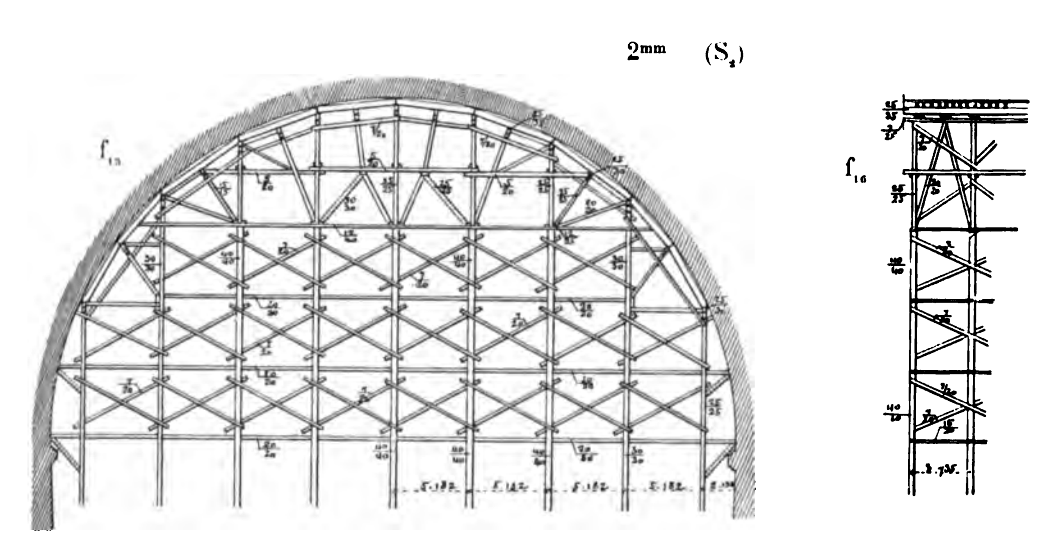
Classe	Ciment lent — 1 vol. et	
	Sable	Diorite cassée
a	2v	4v, 5
b	2v, 5	6v
c	3v	10v
L'emplacement du béton de chaque classe est indiqué aux dessins f_3, f_4, f_7, f_8, f_9.		

Le béton était fait à la machine (S_3).

5. Cintres (f_{15}, f_{16}). — Les semelles et les coins sont en chêne, le reste en pin.

Les fermes reposent sur pieux de 5 à 6m de fiche (S_2), sauf au voisinage du thalweg, où les palées s'appuient sur une plate-forme de béton étalé sur le rocher.

2mm (S_4)



Un peu pour éviter l'incendie, beaucoup pour faciliter le décintrement, le cintre a été maintenu humide pendant la durée de la construction (S_2). Les bois demeurent ainsi gonflés : en séchant, ils se rétrécissent, et le décintrement se fait de lui-même.

6. Exécution. — *A. - Béton moulé.* — Dans les moules, le parement qui restera vu est en bas. S'il y a un autre parement, on le dispose sur une face latérale, jamais en haut, parce que le ciment tend à remonter et se fissure à la surface.

Le béton employé très humide a été très peu pilonné. (S_2, S_3).

Pour faire corps avec le béton qui, plus tard, sera coulé derrière, on a ménagé des trous dans la face supérieure des blocs. D'abord, on a creusé ces trous avant la prise ; plus tard, on a enfoncé dans le béton frais des morceaux de bois qu'on retirait 12 heures après.

Φ_1 (S_3)



Les blocs moulés étaient couverts de toile, arrosés constamment, démoulés au bout de 3 semaines.

Après 30 à 60 jours de prise, on dressait les parements vus au marteau à main pour les parements soignés, au marteau à air comprimé pour les autres.

Il n'y avait aucune différence d'aspect et le dressage à la machine est beaucoup moins cher.

B. - *Béton coulé.* — On place d'abord les blocs en béton moulé, puis on pilonne le béton par tranches entre des cloisons en planches avec rainure et languette, reliées par des tirants.

On a exécuté ces tranches dans l'ordre des n°ˢ du croquis f_{17} : 2 par jour, symétriques par rapport à la clef, chacune cubant 75^{mc} (S_3).

Le béton était coulé mou : il a donc été très peu pilonné (S_3).

Les voussoirs, dans la région de la clef, tenaient seuls, par adhérence (S_3) ;

aux reins, on les soutenait par des étais en bois : en même temps, on coulait des étais en béton qui les remplaçaient, une fois pris (S_3).

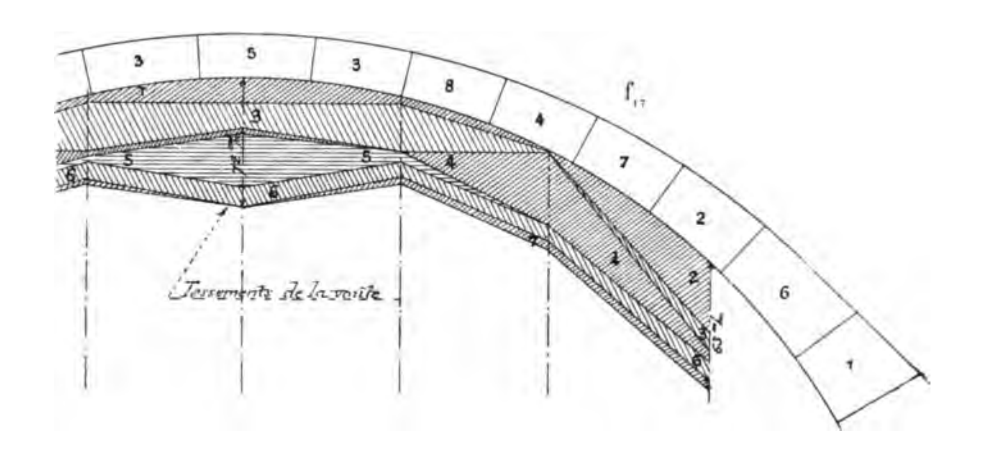
Grâce à ces ouvertures, les voûtes pouvaient, sans se fendre, suivre les mouvements du cintre.

Après la prise, on a enlevé les cloisons et fiché les intervalles.

Pour empêcher le mortier posé en hiver de geler, on fixait du papier goudronné contre les moules : on ménageait ainsi une gaîne d'air dont la température était de 15° Fahrenheit supérieure à la température extérieure.

7. Tassements du cintre pendant la construction (S_3). — Le croquis f_{17} indique les tassements observés à la voûte n° 5 (f_1) pendant la pose de chaque couple de voussoirs symétriques.

Le tassement maximum pour les 5 voûtes a été de 83^{mm} (S_3).



8. Quantités (S_3).

	Quantités	Prix de l'unité	
Portland	9.150 mc	50 f	la tonne
Sable	23.000 mc	6 f	le mètre cube
Pierre concassée	62.000 mc	7 f 80	—
Bois pour cintre	2.500 mc	110 f	—

9. Salaires (pour une journée de 8 heures) (S_3).

Manœuvres	9 f
Charpentiers	15 f 50
Mécaniciens	18 f 20
Limousinants et tailleurs de pierre	20 f 80
Contremaîtres	23 f 50

10. Durée des travaux (S_2).

Fondations.............. 1899-1901.
Elévation................ 1904-1908.

11. Ingénieurs (S_2).

Projet. — Feu George S. Morison ; — puis : Colonel J. Biddle et les majors H. C. Newcomer et J. J. Morrow.

Travaux. — M. W. J. Douglas, « Engineer of Bridges, District of Columbia » ; M. F. A. Perley, « assistant ».

Directeur de l'Entreprise. — M. Ottomar Stange.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution, qu'a bien voulu me remettre l'Entreprise à Washington en 1905.

S_2. — Engineering News, 1er juin 1905, p. 571 à 573 : « *The Connecticut Avenue concrete* « *arch bridge at Washington, — D. C.* »

Cet article a été fait avant la construction des voûtes.

S_3. — Génie Civil, 5 septembre 1908, p. 313 à 316, — pl. XIX : « *Viaduc en béton de* « *Connecticut Avenue* » à Washington (Etats-Unis). — M. Alfred Jacobson (d'après les renseignements fournis par M. Douglas, Ingénieur du District de Colombie).

S_4. — Engineering Record, 16 février 1907 : « *The Connecticut Avenue Bridge* « *Washington, D C* ».

S_5. — Renseignements et photographies qui m'ont été gracieusement envoyés par M. Douglas, juillet et août 1909.

Ce dont la source n'est pas spécifiée est de S_1.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série C^n F^r (⩾ 40^m)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER

PONT	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDES VOUTES					
				ÉPAISSEURS		MATÉRIAUX	PRESSIONS en $kg/\overline{0^m01}^2$	1° ÉVIDEME[NT] DES TYMPA[NS] 2° DÉCORATI[ON] DES TÊT[ES]
Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	*Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* } Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	Portée	CORPS { Clef / *Milieu de la montée* }	TÊTES { Clef / *Reins* }	*Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	*Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Nogent sur Marne** *France* 1855–1856 **Cn** Fr (⩾ 40m)[1] *34 arches en plein-cintre : 4 de 50m, 5 de 15m sur la rive gauche, 25 de 15m sur la rive droite*	*827m 88* » 27m50	{ 8m,00 / *8m,90* } Pas de fruit 1m20	50m,00	{ 1m,80 / *3m,70* }		Bandeaux : PT[1] d'Euville Douelle : Meulière piquée de Sif (Seine-et-Oise) Queutage : Meulière brute Tirants en fer entre têtes	Pression moyenne aux naissances : 7k,4	1° 4 étage[s] de voût[es] longitudin[ales] en plein cint[re] toutes visitable[s] (Pieds-dr[oits] à l'aplom[b] des rails 2° *Clef et contre-[clef]*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

A VOIE NORMALE SÉRIE C^nF^r (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES		CINTRE — Cube de bois, Poids de fer, Dépenses		MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
Nature du sol; Profondeur sous l'étiage; Pressions sur le sol en kg/0m01²; *Procédé*	Type; *Matière*; Appareils de décintrement	Nombre; *Épaisseur*; Ecartement d'axe en axe; *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont; *Temps entre le dernier clavage et le décintrement*; Date	sur cintre t_c; au décintrement t'_v; après t''_v	Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gravier	Fixe				3 rouleaux	»		(voir ci-dessous)
— 6m la pile-culée rive droite,		7; *30cm*; de rive 0m95, intermédiaires 1m70				»	« aucun effet sensible au décintrement » (S.)	
— 8m50 aux 3 piles en rivière et à l'autre pile-culée	»					Chaque arche a été décintrée en 1 heure 1/2		
Pression moyenne 7k1	Roulettes sur surfaces de vis							
Béton immergé								

Colonne 18 :

	Fondations	Élévation	Ensemble
Grand pont			
Q	17478mc	23413mc	40891mc
Q : S_p	9,26	12,41	21,67
Q : W	0,34	0,46	0,80
D	1202819f	1826237f	3029056f
D : S_p	637f1	967f3	1604f4
D : W	23 9	36 4	60 3
D : Q	68 9	74 9	74 1
Ouvrage entier			
Q	28157mc	61190mc	89347mc
Q : S_p	4,25	9,23	13,48
Q : W	0,18	0,39	0,57
D	1681640f	3692417f	5374057f
D : S_p	253f9	557f4	811f3
D : W	10 8	23 8	34 6
D : Q	59 7	60 3	60 1

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE
PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $C^n F^r (\geq 40^m)$

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA MARNE A NOGENT-SUR-MARNE *(SEINE)*

Ligne de Paris à Mulhouse

1855-1856 $C^n F^r (\geq 40^m) 1$

Φ_1 - aval (S_3)



1. **Dispositions à signaler.** — En élévation, le rapport du vide à la surface totale est de :

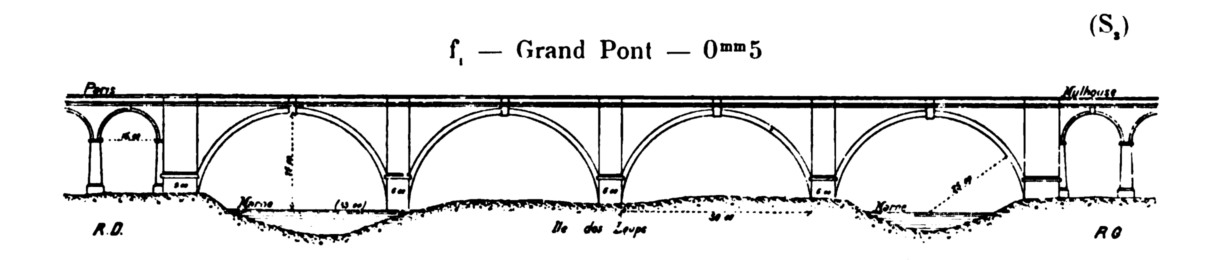
0,62 pour les viaducs d'accès ;

0,55 pour le grand pont.

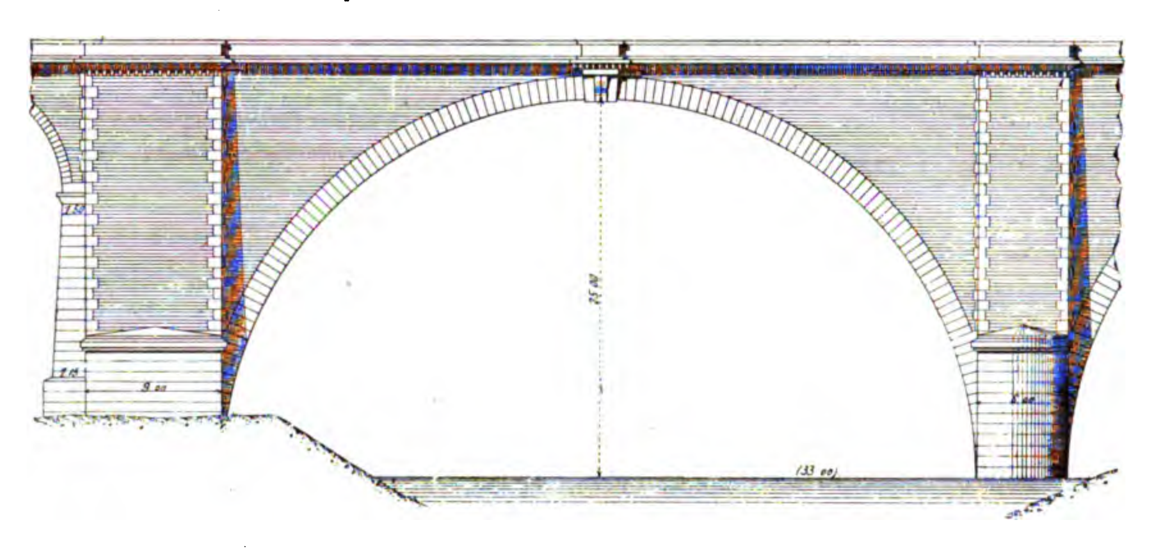
Le grand pont a trop de tympans : leurs pilastres n'en sauvent pas l'aspect (S_3).

(S_3)

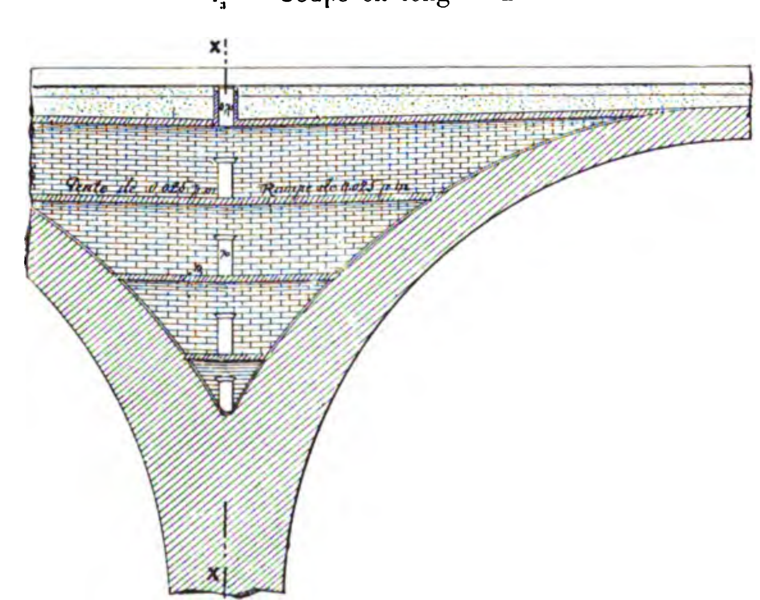
f_1 — Grand Pont — $0^{mm}5$



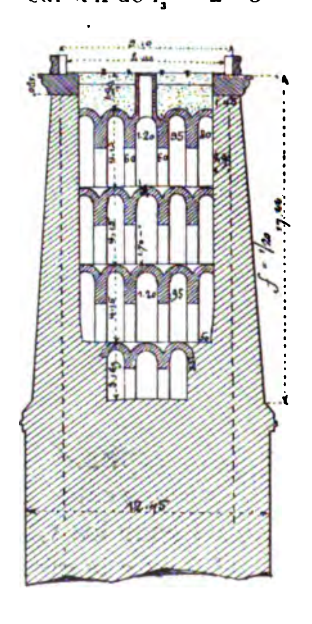
f_2 — Grande arche de rive droite — 2^{mm}



f_3 — Coupe en long — $2^{mm}5$



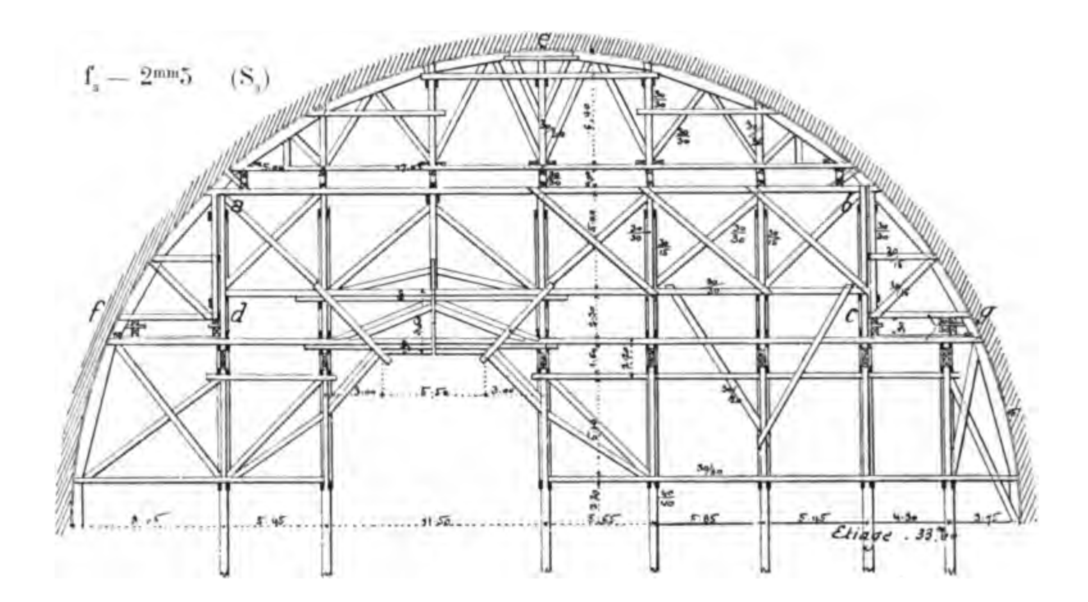
f_4 — Coupe en travers sur x x de f_3 — $2^{mm}5$



Il y a des refuges aux piles et aux clefs des grandes voûtes.

La pile en rivière (rive droite) a, seule, des becs; aux deux autres on a, par symétrie, simulé un chaperon.

2. Cintres. — Aux cintres des arches sur les deux bras de la Marne, il y avait, sur une des moitiés, une passe marinière comme l'indique le dessin f_3. — Aux deux autres, les deux moitiés étaient pareilles, sans passe (S_1).



Chaque ferme se compose d'une partie rectangulaire fixe *abcd* et de 3 segments *aeb* (133 tonnes), *afd* (21 tonnes), *bgc* (21 tonnes), reposant par des roulettes sur des appuis en fonte à surface supérieure hélicoïdale en pente de 1/10, reposant eux-mêmes sur des galets.

Pour décintrer, on a fait tourner ces appuis (S_1).

3. Fondations (S_1). — A la pile en rivière (1re pile, côté Paris), on descendit jusqu'à 8m50 sous l'étiage un caisson en tôle, en fruit de 4,5 %, dont l'épaisseur augmentait avec la profondeur (de 3mm à 10mm), pesant 69 tonnes. Au fond, on coula du béton sur 3m50; puis on épuisa.

En haut du massif de fondation, il y a un ressaut de 2m.

De chaque côté, on a fondé sur le même massif de béton immergé la pile-culée du pont et la première pile du viaduc d'accès.

Voici le dosage du béton :

Mortier *(chaux, 1 vol. ; sable, 2 vol.)*.... 4 vol.
Cailloux lavés.......................... 7 vol.

4. Quantités et dépenses (S$_1$).

	Pont seul		Tout l'ouvrage	
	Quantités	Dépenses	Quantités	Dépenses
Fondations				
Terrassements	53.800^{mc}40	98.538^{f}65	69.929^{mc}13	131.745^{f}77
Dragages	51.182^{mc}99	289.542^{f}72	51.182^{mc}99	289.542^{f}72
Charpente	752^{mc}49	87.900^{f}58	1.409^{mc}72	141.718^{f}96
Fers	105.359^{k}60	129.449^{f}92	105.359^{k}60	129.449^{f}92
Béton	13.989^{mc}46	227.724^{f}43	18.067^{mc}38	294.322^{f}79
Maçonnerie	3.458^{mc}24	132.165^{f}31	10.089^{mc}24	392.949^{f}03
Enrochements	10.985^{mc}97	122.695^{f}32	10.985^{mc}97	122.695^{f}32
Epuisements	»	29.811^{f}00	»	90.412^{f}50
Divers	»	84.990^{f}61	»	88.803^{f}24
		1.202.818^{f}54		1.681.640^{f}25
Elévation				
Libages	»	»	130^{mc}34	5.796^{f}05
Pierre de taille	3.480^{mc}97	411.600^{f}65	9.497^{mc}64	1.156.035^{f}08
Meulière piquée	1.830^{mc}05	168.755^{f}39	6.707^{mc}41	566.827^{f}67
Remplissage	12.281^{mc}96	531.530^{f}68	33.157^{mc}57	993.571^{f}90
Voûtes de décharge	3.495^{mc}45	119.152^{f}04	4.833^{mc}62	146.107^{f}37
Chapes et enduits	15.110^{mq}78	55.944^{f}30	21.790^{mq}79	91.751^{f}23 [1]
Cintres, échafaudages, pont de service	8.262^{mc}63	537.981^{f}06	»	726.252^{f}37
Divers	»	1.273^{f}12	»	6.075^{f}33
		1.826.237^{f}24		3.692.417^{f}00
Dépense totale		3.029.055^{f}78		5.374.057^{f}25

5. Personnel.

Ingénieurs : MM. Vuigner, Ingénieur en Chef de la Cie de l'Est ;
Collet-Meygret, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur Principal de la Construction (3e Division) ;
Pluyette, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur de la Construction (3e Division — 1er arrondissement).

Entrepreneurs : MM. Parent et Schacken.

1. — De 1908 à 1901, on a refait la chape. — Dépense : 85.065 f.

SOURCES :

S$_1$. — Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, — janvier 1857. p. 31 à 43, — Pl. 94 à 96 : « *Description des travaux du viaduc de Nogent-sur-Marne (Ligne de Paris à Mulhouse) construit sous la direction de M. Pluyette, Ingénieur des Ponts et Chaussées.* »

S$_2$. — *Notice sur le viaduc de Nogent-sur-Marne, — 1862, — M. Pluyette.* — (Adressée le 9 septembre 1862 aux Annales des Ponts et Chaussées, non insérée) (Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées, — Manuscrits, 1766).

S$_3$. — Dessins résultant d'attachements, et observations conservés aux Archives de la Cie de l'Est.

S$_4$. — Morandière. — *Construction des Ponts.* — Description de l'ouvrage, p. 404, Pl. 88, fig. 1 à 7 ; — Cintre et appareil de décintrement, p. 492, Pl. 132, fig. 12 à 17.

S$_5$. — Ce que j'ai vu — août 1905.

VOÛTES INARTICULÉES

EN

ELLIPSE

E

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS ROUTE

Série E^1 r[te] (≥ 40m)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE Longueur *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	PROJET — ENSEMBLE Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	GRANDE VOÛTE ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	GRANDE VOÛTE ÉPAISSEURS TÊTES Clef *Reins*	GRANDE VOÛTE MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment*	GRANDE VOÛTE PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMEN[TS] DES TYMPAN[S] 2° *DÉCORATI[ON] DES TÊTE[S]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Vizille** *France* 1751–1766 E' r^te (⩾ 40m)1	*58m75* » 15m	9m10 *9m75* » 0m54 dont 0m20 de MOH [1]	Anse de panier à 3 centres 41m,08 *11m82* $\frac{1}{3,47}$ = 0,288 *37m80* *8m92*	2m,35 *Epaisseur moyenne uniforme*	2m,35 *Epaisseur moyenne uniforme*	Bandeaux : PT [1] Douelle : PT Calcaire		1° » 2° *Clef en sai[...]*
de **Lavaur** (Vieux Pont) *France* 1773–1791 E' r^te (⩾ 40m)2	*109m* » 26m50	8m86 *9m75* Pas de fruit »	Anse de panier à 3 centres 48m,726 *19m49* $\frac{1}{2{,}5}$ = 0,40 *28m261* *16m445*	2m,924 *Epaisseur uniforme*	2m,924 *Epaisseur uniforme*	PT [1] appareillée sur les 6 faces. Grès mollasse tendre *Chaux grasse*		1° » 2° *Archivo[...]*
de **Gignac** *France* 1776–1810 E' r^te (⩾ 40m)3	*174m76* » 20m	autrefois 8m78 aujourd'hui 9m20 *9m80* Pas de fruit »	Anse de panier à 3 centres 48m,42 *16m23* $\frac{1}{2,98}$ = 0,335 *35m894* »	2m,28 »	1m,95 »	PT [1]		1° » 2° *Archivo[...]*
de **Gloucester** *Angleterre* 1826–1827 E' r^te (⩾ 40m)4	*86m* » 14m	7m62 *8m331* Pas de fruit »	Ellipse 45m,72 *10m67* $\frac{1}{4,285}$ = 0,232 *49m04* *4m08*	1m,371 *1m,676* *aux naissances*		PT [1]		1° 4 mur[s] longitudin[aux] de 0m[...] 2° *Voussu[...]*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E[1] rte (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D** Totaux et par unité { de surface utile S_p[3] / de volume « utile » W[4]
[FON]DATIONS [Na]ture du sol / [P]rofondeur [so]us l'étiage / Pressions sur le sol kg 0m01² / *Procédé*	GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES: Type / *Matière* / Appareils de décintrement	Nombre / *Épaisseur* / Écartement d'axe en axe / *Surhaussement*	Cube de bois / Poids de fer / Dépenses: Totaux	par mq de douelle[2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT: État d'avancement du pont / *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* / Date	TASSEMENTS DE LA CLEF: sur cintre t_c / au décintrement t'_v / après t''_v	
10	11	12	13	14	15	16	17	18
» » » *Pilotis*	Retroussé, appuyé au milieu » »		» » 16530 Livres	» » 38 L				D = 268 196 livres $D : S_p$ = 501 L D : W = 33 L
Mollasse (Tuf) » » »	Fixe *Maçonnerie* »		» » 65000 Livres	» » 119 L		» *1145 jours* »	t'_v = 65mm	D = 646 993 livres $D : S_p$ = 770 L D : W = 28 L
Tuf [.]m et — 9m » *[Ép]uisements*	Fixe *Maçonnerie* Coins sous les couchis		» » 60000 Livres	» » 118 L				D = 1 030 000 livres $D : S_p$ = 641 L D : W = 26 L
Gravier » » *[Ép]uisements* *Grillage*	Fixe Montants et contrefiches » Coins (1 mobile entre 2 fixes)					Tympans et murs longitudinaux élevés jusqu'à 2 assises au dessous de la clef » »	t_c = 25mm t'_v = 51mm t''_v = 200mm	D = 1 094 036f (Pont et abords) $D : S_p$ = 1623f 7 D : W = 124f 9

[2. Pou]r le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.   3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE: *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs *entre parapets* / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/$\overline{0^{m}01}^{2}$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMEN[TS] DES TYMPAN[S] 2° *DÉCORATIO[N] DES TÊTE[S]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Fium'Alto** *France* 1862–1863 E[1] r^{te} ($\geq$ 40m)[5]	*$66^{m}77$* 25^{mm} 25^{mm} 14^{m}	$5^{m}40$ *$6^{m}00$* Pas de fruit »	Anse de panier à 3 centres $40^{m},00$ *$10^{m}48$* $\frac{1}{3,82}$ = 0,263 *$28^{m}269$* *7^{m}*	$1^{m},76$ *$2^{m},76$* *aux naissances*	$1^{m},76$ *$2^{m}76$* *aux naissances*	Assises de clef et contre-clefs : PT [1] ; Bandeaux : L [1] ; Douelle : MOV [1] ; Calcaire à 300^{k} *Ciment de la Méditerranée* Queutage : MOV [1] à 150^{k} *Chaux du Teil 377k*		1° Pas d'évidemen[t] 2° »
Annibal *Italie* 1868–1870 E[1] r^{te} ($\geq$ 40m)[6]	*130^{m}* » 17^{m}	$5^{m}51$ *$6^{m}61$ en douelle* Pas de fruit »	Anse de panier à 5 centres $55^{m},00$ *$14^{m}02$* $\frac{1}{3,92}$ = 0,256 *57^{m}* *9m 586*	$2^{m},00$ *$4^{m},30$*		Clef, contre-clefs, naissances sur 1^{m} de haut : PT [1] calcaire Bandeaux : Br [1] à $52^{k}5$ Douelle et Queutage : *Cerveau et naissances :* Br [1] à $52^{k}5$ *Reins :* 3 anneaux en Br ; 2, moitié en Br, moitié en tuf à $56^{k}5$ *Pouzzolane 1mc* *Chaux grasse / Ciment de Vassy* *0mc 33* *Ciment de Vassy :* *1er rouleau 0 mc 064* *2e — 0 mc 083* *3e — 0 mc 165*		1° 20 voûte[s] transversa[les] cachées, [en] tuf très lé[ger] 18 annulai[res] 2 en plei[n] cintre 2° *Voussoi[rs] en corn[e] de vach[e]* *Archivol[te]*
du **Diable** *Italie* 1871–1872 E[1] r^{te} ($\geq$ 40m)[7]	*$81^{m}20$* 45^{mm} 45^{mm} $12^{m}85$	$6^{m}00$ *$7^{m}00$* Pas de fruit »	Anse de panier à 5 centres $55^{m},00$ *$13^{m}55$* $\frac{1}{4,06}$ = 0,243 *$57^{m}20$* *9m 20*	$2^{m},00$ *$3^{m},50$*		Bandeaux, Cerveau de la voûte jusqu'à 33° : Br [1] à $89^{k}6$ Au-dessous, calcaire *Pouzzolane 1mc* *Chaux grasse / Chaux du Teil* *0mc 33* *Chaux du Teil :* *1er rouleau 0 mc 042* *2e — 0 mc 082* *3e — 0 mc 110*	Pressions (Max. / Moy.) Clef : $15^{k}8$ / $10^{k}6$ Reins : $10^{k}6$ / $7^{k}9$	1° 6 voûtes transvers[ales] annulair[es] cachées, en [...] à 10^{k} pesant 10[...] 2° *Voussoi[rs] en corn[e] de vach[e]*

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E^1 r^{te} ($\geqslant 40^m$)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES		Cube de bois, Poids de fer, Dépenses		MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg/0m01² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] ; de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Schiste tendre à 32k *[Voû]tes bouchées avec du béton* —2m55 » *Épuisements*	Fixe » Coins	5 *30c* 1m23 *100mm*			A partir de 35° de la clef : 2 rouleaux	» *67 jours* 16 septembre	t_c = 120mm t'_v : pas appréciable	D = 150 000f D : S_p = 416f0 D : W = 36f1
Fondations d'un ancien pont élargies	Fixe Montants et contrefiches *Chataignier* On entailla sous les vaux le sommet des poteaux, en allant des naissances vers la clef.	6 *Bois ronds de 21c* 1m32 »	232mc01 pieux compris 1400k 28000f	0mc54 3k3 66f2	3 rouleaux reliés par quelques voussoirs de tuf	Ouvrage livré à la circulation *217 jours* 6 avril	t_c = 260mm (du clavage au décintrement) t'_v = 69mm	D = 300 000f D : S_p = 418f8 D : W = 25f6 Le mc. de grande voûte a coûté 50f
Argile plastique Rive gauche —5m52 *Épuisements* Rive droite » *Pilotis* Pressions : maxima 7k2 moyenne 2k6	— id —	6 *Bois ronds de 26c et 21c* 1m30 *130mm*	231mc54 1800k 23098f	0mc58 4k5 57f5	3 rouleaux reliés de distance en distance par quelques briques engagées	Ouvrage achevé *88 jours* 20 octobre	t_c = 65mm $t'_v + t''_v$ = 295mm	D = 330 000f D : S_p = 677f3 D : W = 57f8 Le mc. de grande voûte a coûté 60f

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.



PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	ENSEMBLE Largeurs { entre parapets, *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDE VOÛTE — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure :* { *à la clef,* *aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS { Clef, *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef, *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Saint-Pierre** *France* 1886 E¹ rte (⩾ 40m)8	*73m 04* » 16m50	{ 3m 80, *4m 10* Pas de fruit 0m67	Ellipse { 40m,00, *12m 00* $\frac{1}{3,33}$ = 0,30 { *33m 33*, *7m 20*	{ 1m,20, *2m,25*	{ 1m,20, *2m 25* { *au milieu de la montée*	Calcaire de Lexos à 800k *De la clef à 67°, Ciment ;* *au-dessous, Chaux du Teil*	Pression moyenne Clef : avec surch. 11k5 ; sans surch. 7k3 Milieu de la montée : avec surch. 8k ; sans surch. 4k6 *Méry* 200k par mq	1° 8 voûtes transversales vues en plein cintre de 4m, sur piles de 0m90 en fruit de 1, 2 2° »
de l' **Avenue Edmondson à Baltimore** *États-Unis* 1908–1909 E¹ rte (⩾ 40m)9	*165m 20* 0 20m22 étiage	{ 17m 069, *18m 288* Pas de fruit 1m60	Anse de panier à 3 centres { 42m,367, *13m 309* $\frac{1}{3,17}$ = 0,315 { *25m 908*, *7m 087*	{ 1m,143, *3m,104*	» »	Béton à la machine *1 vol Portland Alpha* *2 vol 5 Sable* *5 vol Cailloux cassés à moins de 5 cm, avec, au plus, 15 % de poussière*		1° Entre tympan pleins, piliers carré en béton armé d 45cm 7 d'arêt (quelques-un de 61cm) portant une plate-forme armée. 2° »

SÉRIE E^1 r^te^ (≥40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

EXÉCUTION									CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D
	GRANDE VOÛTE								
FONDATIONS	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF		
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses						
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg : $0^{m}01^{2}$ *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v		Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17		18
Grès mollasse » Pression maxima 6k 4 »	Fixe Type Pt Antoinette $\hat{A}^1$ F'(≥40m)[5] (Tome II) *Sapin* »	4 *intermédiaires :* 25cm *de rive :* 20cm 1m32 (calculé pour un rouleau de 0m70 à la clef, 1m20 aux reins)			A partir de 56° 13' 24" de la clef : 2 rouleaux Au 1er rouleau : 8 tronçons 9 clavages	» *90 jours* »			D = 109 686f D : S_p = 395f D : W = 29f
Rocher — 6m » *Épuisements* *Anciennes maçonneries enveloppées de béton*	*On n'a fait de cintre que pour la demi-voûte Nord. On l'a ensuite transporté.* Retroussé sur 15m80 *Pin* Boîtes à sable	6 *20cm 3* 1m676 *Surhaussement pour la demi-voûte Nord : 15mm 9*	252mc » »	0mc 64 » »	Voûte construite en 2 moitiés, chacune en 14 tranches	Demi-Voûte Nord : Piliers en béton armé construits *83 jours* 3 mars — Demi-Voûte Sud	t_c 8mm4 t'_v = 61mm — (Sud) t'_v 61mm		

Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

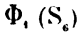
SÉRIE E^1 r^{te} ($\geq 40^m$)

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA ROMANCHE A VIZILLE *(ISÈRE)*

Route de Grenoble à Briançon [1]

1751-1766 E^1 r^{te} ($\geq 40^m$) 1





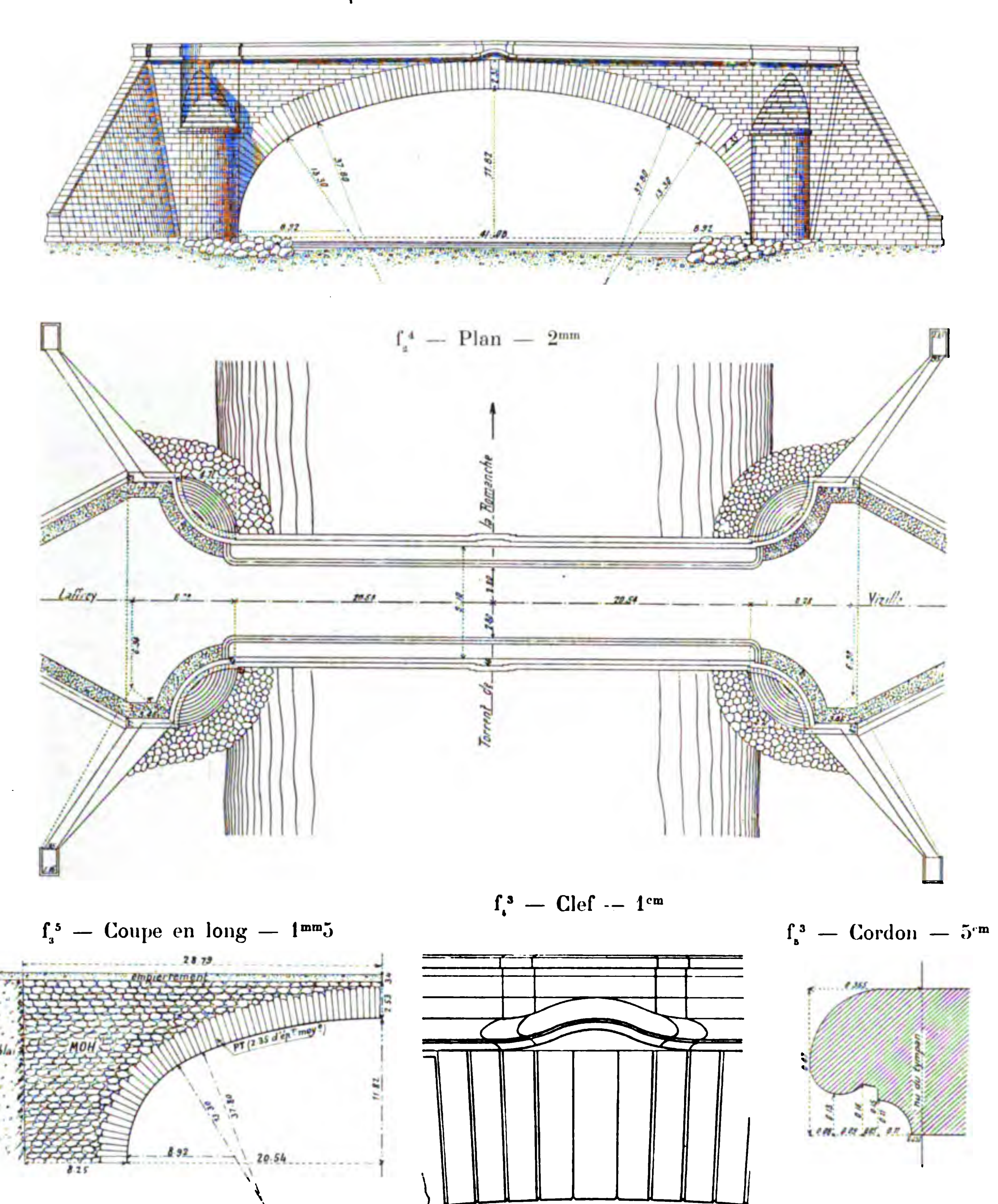
1. Culées — Les culées présentent des demi-piles convexes au courant d'eau qui passe sous le pont, et un parapet convexe au courant de circulation qui passe dessus (Φ_1, f_1, f_2).

On a fait ainsi, quelques années après, en Champagne, au pont de Dizy, sur un lit de décharge de la Marne (1767-73) [2].

1. — Actuellement Route Nationale n° 85.

2. — M. de Dartein : « *Études sur les ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs « au XIXe siècle* », — vol. II, pages 133 à 140, — Pl. 16 à 19, — spécialement Pl. 18 ; — Paris, Béranger, 1907.

f_1^3 — Élévation amont — 2mm



f_2^4 — Plan — 2mm

f_3^5 — Coupe en long — 1mm5

f_4^3 — Clef — 1cm

f_5^3 — Cordon — 5cm

3. — D'après mes photographies (S_4). — D'après un dessin signé le 20 août 1855 par l'Ingénieur ordinaire Bonon : on y lit : « *On n'a trouvé, dans les Archives, aucun dessin original. L'élévation... a été obtenue par des mesures directes... ; les rayons ont été* « *déterminés empiriquement....* »

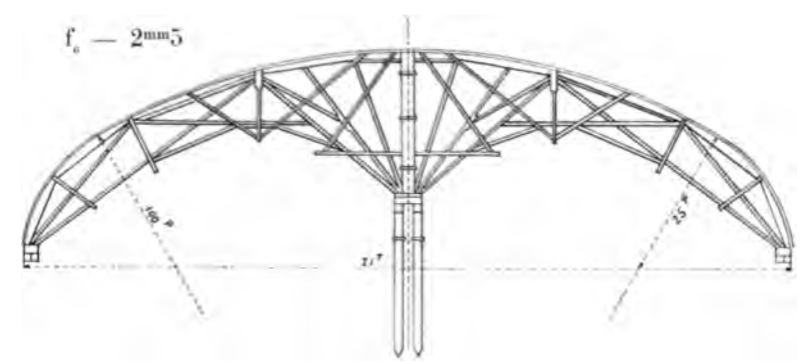
4. — D'après un dessin signé le 29 mars 1861 par l'Ingénieur ordinaire Moïse.

5. — D'après un dessin des Archives de l'Ingénieur en chef de l'Isère, gracieusement communiqué par M. l'Inspecteur Général Rivoire-Vicat.

2. Travaux. — Le pont fut adjugé le 12 mars 1751 (S_3).

On le fonda sur 316 pieux de 5^m85 de long, 0^m27 de diamètre.

Voici un croquis du cintre d'après un dessin au 1/432ᵉ, non coté (S_1).



Les voussoirs du bandeau avaient 0^m40 à 0^m50 d'épaisseur en douelle, plus de 2^m35 de hauteur, — trop pour leur épaisseur.

On employa dans la voûte de mauvaises pierres.

Le pont était considéré comme d'une telle importance que l'Intendant de la Province avait installé à Vizille une école d'ingénieurs (S_2).

3. Décintrement. — L'entrepreneur a, parait-il, décintré « *avant l'arri-* « *vée de l'ingénieur* », sans précautions, trop tôt et trop vite. Les joints se sont ouverts à l'intrados de la clef, à l'extrados des reins. D'assez nombreux voussoirs se sont cassés transversalement, notamment près de la clef et des joints de rupture, — avaries que l'on dissimula pour un temps en fixant par des boulons des morceaux rapportés (S'_2, S''_2).

Les tympans de droite se sont lézardés et déversés (S''_2).

Voici les dimensions de l'intrados, au projet et après décintrement :

	Projet (S_1)	Après décintrement (mesures faites avant la restauration de 1856)
Portée	126^{pieds} [6] = 40^m93	41^m08
Nombre de centres....	3	5
Rayons	100^{pieds} et 25^{pieds} = 32^m48 et 8^m12	37^m80, — 13^m30, — 8^m92

La voûte se serait donc aplatie à la clef, creusée aux reins, et, si ses culées fondées sur pieux avaient été exactement implantées, les aurait écartées de 0^m15.

4. Dépenses (en livres, (^{L}) et sous, (^{s})) (S_2).

1° *Fondations*	Bâtardeaux, épuisements, pilotis, crèches, dépenses accessoires.		52304^L
2° *Cintre*	....		16530^L
3° *Maçonnerie, corps de la voûte et « murs d'accompagnement »*	Moellons bruts : 4539^{mc} à 6^L 2^s	27605^L	144231^L
	Pierre de taille — Cube : 2072^{mc} à 35^L 7^s....	73290	
	Pierre de taille — Parement : 2595^{mq} à 11^L 4^s	29053	
	Autres dépenses	14283	
		A Reporter....	213065^L

6. — La portée de 126 pieds est bien celle indiquée au devis S_2.

	Report..........		213065L
4° Dépenses diverses	Pont « provisionnel » ou de secours.........	4927L	
	Digue au-dessus du pont, de 803 toises de long	47211	
	Salaire d'un surveillant : 3 ans à 600L	1800	
	Dépenses pour l'Ecole d'Ingénieurs établie à Vizille.............. — Location d'un appartement : 6 ans à 140L .	840	
	Dépenses pour l'Ecole d'Ingénieurs établie à Vizille — Dépenses de bureau.	353	55131L
	Total..........		268196L

5. Réparations (1856-57) (S_4).

— On a : repris au ciment les pierres cassées, — abattu les crémaillères des voussoirs de tête qui, après décintrement, ne se raccordaient plus avec les assises des tympans, — dessiné une courbe d'extrados qu'heureusement on ne voit guère et qui n'empêche pas de restituer les anciennes crossettes, — bouché au ciment les lézardes traversant les reins de la voûte, — rejointoyé tous les parements, — refait la chape, etc...

La dépense a été de 23.226f (S_4).

En mai 1908, on observe qu'aux extrémités des parapets, les assises ont glissé les unes sur les autres ; — que, du côté rive droite, à chaque tête, part de l'extrados du bandeau une fissure intéressant 7 ou 8 assises des tympans (S_6).

6. Personnel.

Ingénieur :

Projet (Décembre 1750) : Bouchet « Ingénieur du Roy pour les Ponts et Chaussées du haut Dauphiné. »

Exécution : Bouchet.

Entrepreneur : Martin (S_4).

SOURCES :

S_1. — Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées. — Manuscrits n° 1449 : « *Collection des Ponts de France* ». — Elévation avec cintre et plan au 1/432e.

S_2. — Etat des dépenses arrêté le 31 décembre 1767 par Bouchet, — alors Inspecteur Général des Ponts et Chaussées[7]. (Pièce des Archives de l'Ingénieur en chef de l'Isère, qu'a bien voulu me communiquer M. l'Inspecteur Général Rivoire-Vicat).

S_3. — Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées, — Manuscrits n° 1760 : Rapports à l'appui du projet de restauration exécutée en 1856-57 :

S'_3. — de l'Ingénieur ordinaire Bonon, du 18 août 1855 ;

S''_3. — de l'Ingénieur en chef Picot, du 13 septembre 1855.

S_4. — Note du 29 mars 1861 de l'Ingénieur ordinaire Moïse, sur la restauration de 1856-57.

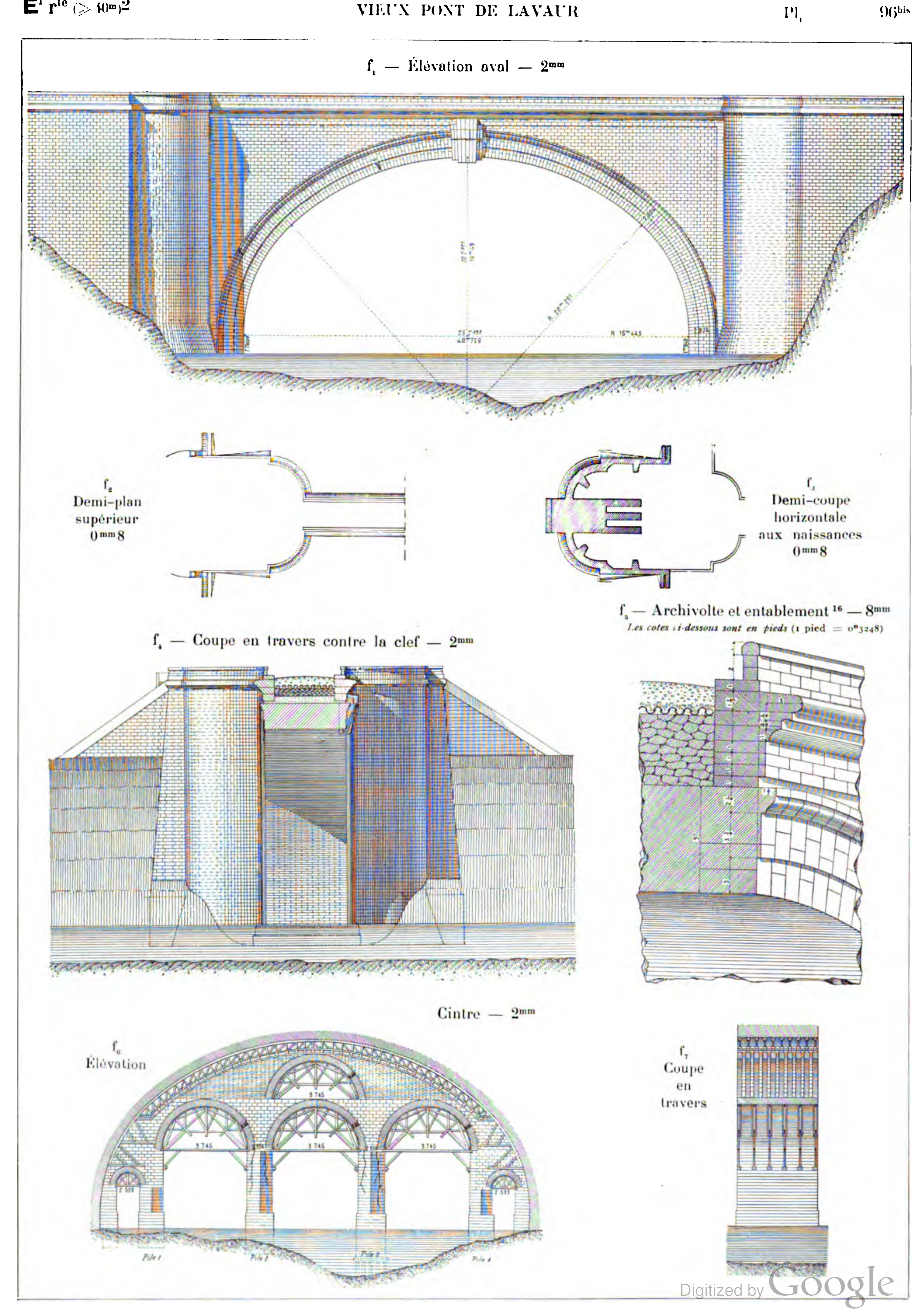
S_5. — Archives Départementales de l'Isère.

Archives de l'Intendance du Dauphiné. — Ponts et Chaussées. — Route de Grenoble à Briançon. — Dates extrêmes 1680-1751.

Le pont de Vizille faisait partie d'un lot de 19654 toises de la « *nouvelle grande route de « Briançon* », adjugé le 12 mars 1751 au Sieur Martin Joseph, — à forfait pour 540.800L.

S_6. — Ce que j'ai vu — mai 1908.

7. — Etat du personnel du 1er avril 1765. — Bibliothèque de l'Ecole des Ponts et Chaussées, — Manuscrits n° 2629 bis.



16. — Cette coupe est faite sur l'axe de la voûte, en supposant l'archivolte prolongée jusqu'à cet axe, c'est-à-dire en ne tenant pas compte des dispositions spéciales des clefs et contre-clefs.

VIEUX PONT SUR L'AGOÛT A LAVAUR *(TARN)*

Ancienne route de Toulouse à Castres

1773-1791 E[1] r[te] (⩾ 40m)2

Φ, (S,)



1. Dispositions à signaler. — La clef, qui a une hauteur de 4m223, et les contre-clefs sont restées épannelées (Φ_1, f_1) : elles devaient porter la croix du Languedoc.

La voûte est bordée d'une belle archivolte, à saillies un peu faibles, coupée par des ressauts en trois parties, ayant le 1/3, les 5/12, le 1/4 de son épaisseur (f_2)[1].

Les joints du cerveau sont obliques sur l'intrados ; mais, à l'inverse de ceux d'une platebande, le biais augmente à mesure qu'on monte vers la clef. C'est une erreur d'exécution ou de projet (S_1).

Un cadre rectangulaire, de 0m97 de large et 0m22 de saillie, enferme les tympans et la voûte.

La corniche de l'entablement a été souvent reproduite dans les travaux des Etats de Languedoc (f_3). Le parapet est trop en arrière.

Sur les culées, une bande plate prolonge le boudin de la corniche (f_1) : elle n'a pas protégé de la pluie les murs qui sont à fruit.

Le pont est vigoureusement encadré par deux grosses tours rondes (Φ_1, f_1 à f_4)

1. — Elle est imitée de celle du Pont Saint-Ange à Rome, (an 138).

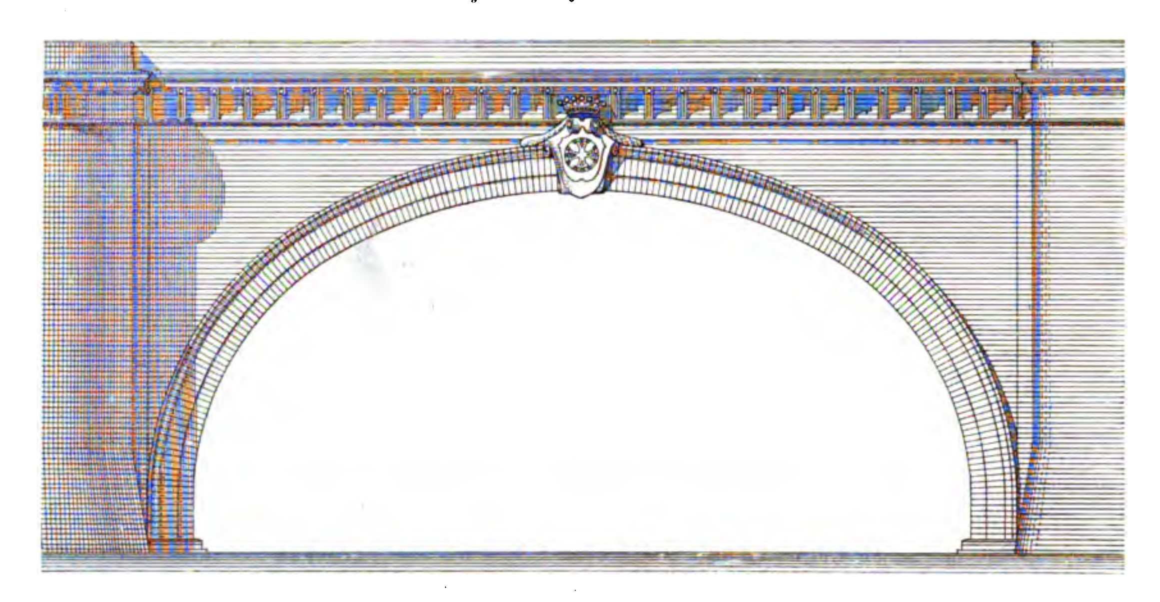
d'un fort grand effet, mais qui soutiennent mal les remblais intérieurs : on a dû les renforcer.

Il est en mollasse du pays, grès fort médiocre, un peu gélif.

C'est un fort bel ouvrage, simple, puissant.

2. Projet primitif de couronnement. — Voici le projet de de Saget aîné (f_8).

f_8 — Projet de 1769[2]



En 1782, par mesure d'économie, on renonça à cet ample couronnement, que réclamait pourtant la lourde masse de l'ouvrage : on en abaissa la hauteur totale de 6m39 à 3m90.

C'est à jamais regrettable.

3. Marché avec le Sieur Chauvet. — Le pont fut donné de gré à gré, le 13 mai 1773[3], pour le prix « *en blot* » de 340.000 livres, au Sieur Chauvet, maçon de Montpellier[4].

4. Cintre (f_6, f_7). — La description qui suit est faite d'après un modèle authentique, à l'échelle de 1/36, dressé après exécution, qui se trouvait en 1884 dans les greniers de la mairie de Montpellier, et qui est rigoureusement conforme aux rares pièces écrites qui font mention du cintre.

2. — C'est cette élévation qu'a publiée Gauthey (Paris, 1809, tome I, p. 96, PL. IV, fig. 59). — Après avoir donné des chiffres inexacts, il conclut que le pont « *est construit avec beaucoup de luxe, et sans* « *doute trop pour le lieu où il est élevé* », appréciation inattendue de la part de l'Ingénieur qui a commis les décorations de Navilly et des Echavannes et les douelles à caissons de Navilly et de la Guyotte.

3. — Deux premières adjudications étaient demeurées sans résultat, « *en raison de l'intelligence des* « *entrepreneurs* ».

4. — Sous la caution du Sieur Campmas, receveur général des finances de la Généralité de Toulouse.

Ce cintre singulier comprenait[5] (f_6, f_7) :

1° — un viaduc en maçonnerie à 3 arches, sans évidement, en maçonnerie ordinaire, grossièrement assisée.

2° — au-dessus, dix murs séparés en briques, de 0m54 d'épaisseur, portant les bois de décintrement.

Les 6 voûtes du cintre furent laissées sur bois jusqu'au décintrement de la grande arche.

Le cintre cubait approximativement :

Maçonneries	de moellons	2185 mc	3808 mc
	de libages (parements des piles)	518 mc	
	de béton (entre les pilotis d'une pile)	86 mc	
	de briques	1019 mc	
Charpente			402 mc
Planches			1102 mq

Il coûta environ 65.000 livres.

5. Construction de la voûte. — La première pierre fut solennellement posée le 5 octobre 1773, par Mgr de Castellane, dernier évêque de Lavaur.

En juillet 1775, la voûte, élevée à la 14e assise, est suspendue pour commencer le cintre. Dans le courant de la campagne, on fonde les piles 1, 2, 4 (f_6) par épuisements, puis la pile 3 sur grillage et pilotis, après exécution d'une digue en rivière pour écarter les eaux.

« *De mars 1774 à octobre 1775, les piles* (du cintre) *furent emportées trois* « *fois...*[6] »

En 1776, on construit le cintre jusqu'à l'extrados des 3 voûtes de l'étage inférieur, et on pose de chaque côté 15 assises.

En 1777, on en pose 20 ; en 1778, 11.

Sous la charge de ce rouleau de 2m924, il se produit de nombreuses lézardes dans les piles du cintre, surtout dans 1 et 4, puis un mouvement général de déversement de l'amont à l'aval. On ferme précipitamment la voûte « *par arrachements* », le 10 mai 1779.

« ..... ; *en octobre 1779, deux inondations emportent... partie d'une pile* (du « cintre)...[6] »

Bien que clavée, la voûte charge lourdement son cintre. Le 20 février 1780, l'Inspecteur constate des voilements dans les fermes en briques et des lézardes dans les piles du cintre, surtout dans les piles 1 et 4, dont quelques-unes « *observées* « *l'année précédente et qui avaient cessé pendant la durée de la clavade ont reparu* « *et font des progrès rapides.* »

5. — L'Entrepreneur Chauvet le commença malgré les Ingénieurs et en demanda l'approbation quand on ne pouvait plus la lui refuser : il aurait été frappé de la chute de plusieurs grands cintres en bois, en particulier « *du pont Charron, de 17 toises de portée, sur le chemin de Nantes à la Rochelle, du pont d'Ornezon* [Cn r[te] (⩾ 40m)1 — Tome I, p. 65] *de 20 toises d'ouverture...* »
Acte du sieur Chauvet à M. de la Fage, Syndic général, du 19 février 1779 (Archives de la Préfecture de Montpellier).

6. — Inscription sur le modèle du cintre de Montpellier.

7. Résiliation de l'entreprise Chauvet. — Chauvet obtint, le 5 janvier 1782, sa résiliation aux conditions suivantes :

1° — Le décintrement est à sa charge.

2° — La Province payera, après réception des ouvrages, la somme totale de 334.676 livres, 12 sous, 3 deniers (dans laquelle le cintre entre pour 65.000 livres).

3° — Elle restera propriétaire des matériaux du cintre « *et de ceux épars dans* « *les chantiers et carrières* », lesquels furent pris pour 8000 livres par les nouveaux entrepreneurs.

8. Entreprise Grimaud et Albouy. Les travaux restant à faire furent donnés de gré à gré, le 7 mars 1782, à Grimaud, tailleur de pierre à Monestiès[7], — mais à la toise et non plus à forfait.

9. Décintrement (25-27 juin 1782). — Le 25 avril 1782, de Saget aîné, Directeur des travaux, assisté de Garipuy fils, ayant reconnu que « *les culées* « *et contreforts sont élevés au niveau de l'intrados de la clef* », autorise le décintrement.

Le 19 juin 1782[8], on étrésillonne les fausses piles ; le 21, on enlève les boulons qui condamnent les tasseaux ; le 25, 20 charpentiers, 10 de chaque côté, à la même hauteur, un à chaque ferme, lâchent de 3 à 4 lignes (6 à 9^{mm}) les 9 premiers tasseaux de chaque côté, « *tout le cerveau restant soutenu* »[9]. On achève le 26. La voûte consent de 6 lignes (13^{mm}5) ; on constate une « *légère fracture* » aux reins, côté rive gauche, au changement de courbure.

Deuxième opération semblable : nouvel abaissement à la clef de 6 lignes ; la « *fracture* » des reins du côté rive gauche augmente ; il s'en produit une du côté rive droite. Quelques voussoirs se fendent à l'intrados et au-dessus du talon de l'archivolte ; un éclat se détache à une des clefs pendantes.

Troisième opération : nouvel abaissement à la clef de 5 lignes.

Dans la nuit du 26 au 27, la clef baisse encore de 4 lignes ; l'ouverture aux reins est de 2 lignes (4^{mm}5) du côté de Lavaur (rive gauche), de 1 ligne (2^{mm}25) de l'autre. On enlève les bois en grand ; de midi jusqu'au soir, la voûte baisse encore de 4 lignes ; du 27 au soir au 28 au soir, nouvel abaissement de 4 lignes. Plusieurs voussoirs sont fendus et « *crevés* ». L'ouverture des reins augmente encore.

A partir du 28, le tassement s'arrête ; il avait atteint en 4 jours, 29 lignes (65^{mm}4)[10]. A ce moment, les 8 ou 9 voussoirs voisins de la réunion des arcs étaient fort épaufrés à l'intrados, quelques-uns sur un pied de profondeur ; d'autres au cerveau de la voûte à l'extrados[11].

7. — Sous la caution de Jean Grimaud et Pierre Albouy, charpentier.

8. — Extrait, pour ce qui suit, du procès-verbal de l'Inspecteur.

9. — On a fait ainsi, en 1834, à Chester [Â¹ r^te (⩾ 40^m)3 — Tome III].

10. — Dans les voûtes contemporaines de Perronet (Centre de la France) construites sur cintres flexibles, on présumait un tassement de 1 pouce par toise d'ouverture (1/72e).

11. — Les lits de mortier sont extrêmement minces : 1^{mm} à 4^{mm}.

10. Travaux après décintrement. — Aussitôt après le décintrement, la douelle est rejointoyée et ragréée avec du mastic de marbrier [12].

En 1783, les murs des tours rondes faisant ventre, on commence à l'intérieur un second mur parallèle avec chemise en pierres sèches : il n'a pas suffi. On enleva de nouveau les remblais jusqu'au ferme, et, en 1787–88, on établit dans les vides des tours, des murs sans liaison avec elles, soutenant seuls les remblais.

L'ouvrage fut livré à la circulation en avril 1791, 18 ans après la pose de la première pierre.

11. Réparations ultérieures. — Les ragréments au mastic de marbrier ne tinrent pas : à leur place, on cramponna au soufre des plaques de même grès que les voussoirs.

En 1812, la plupart étaient tombées : en 1840 on répara, pour un temps, l'ouvrage avec des placages de ciment à prise rapide.

12. Dépenses [en livres (ᴸ), sous (ˢ), deniers (ᵈ)]. — Elles s'élevèrent à :

Entreprise Chauvet	334.676ᴸ 12ˢ 3ᵈ
Entreprise Grimaud et Albouy	312.316ᴸ 14ˢ 5ᵈ
En tout, pour le pont et ses abords	646.993ᴸ 6ˢ 8ᵈ [13]

Elles n'avaient été estimées que 340.000 ᴸ en 1773.

Le Roi donna 30.000ᴸ; les Sénéchaussées, Diocèses et Communes intéressées fournirent 22.760ᴸ. Le reste fut payé par la Province.

13. Prix payés à l'ancien pont de Lavaur (1773-1790) et au nouveau (1882-1884)[14].

	Ancien Pont		Nouveau Pont	
Traitement de l'Inspecteur des Travaux (Ingénieur ordinaire)	1600 livres		6.000 f	
1° Journées d'ouvriers				
Tailleurs de pierre ou poseurs	de 18 à 25 sous		5f50 à 6f60	
Maçons	20 sous		4f40 à 6f60	
Charpentiers	18 sous		5f50 à 6f60	
Gâcheurs de mortier, fabricants de béton	10 sous		2f75 à 3f30	
Manœuvres	de 3 à 10 sous		2f75 à 3f30	
Mousses, femmes	depuis 2 sous		2f00 à 2f50	
2° Matériaux en œuvre. — Le m. c. de :	Bail Chauvet (1779)	Bail Grimaud et Albouy (1782)	Matériaux du pays	Matériaux de Lexos
Maçonnerie ordinaire	6ᴸ 15ˢ	8ᴸ	20f72	30f45
Maçonnerie de pierre de taille	35ᴸ 6ˢ	36ᴸ 9ˢ	»	156f
Maçonnerie de briques	20ᴸ 5ˢ	18ᴸ	30f	»
Charpente du cintre	40ᴸ		71f	

12. — Sciure de marbre, résine, saindoux et sable.

13. — Soit environ 1.300.000f de notre monnaie.

14. — Â[1] Fr (⩾ 40m)[4] — Tome II.

14. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : de Saget aîné, Directeur des Travaux de la Sénéchaussée de Toulouse.

Direction des Travaux : de Saget aîné, mort en 1782 ; — puis, jusqu'en 1791, de Saget cadet.

Surveillance locale : Guillaume d'Adhémar[15], Inspecteur des Travaux.

Entrepreneurs : De mai 1773 à janvier 1782 : Chauvet. — Ensuite : Grimaud et Albouy.

Dedaux, qui ne fit que régler le compte de Grimaud et Albouy, en avril 1791, est le seul dont le nom soit sur le pont : il est gravé derrière une des clefs pendantes de la face aval.

15. — D'Adhémar (1745-1821), commissionné en 1770 par les Etats de Languedoc, emprisonné à la Révolution, puis Ingénieur ordinaire à Lavaur (encore en 1802), — retraité en 1805 (S_2).

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, page 486 à 496 Pl. 44 : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* », M. Séjourné.

Les renseignements donnés dans ce mémoire ont été empruntés aux sources suivantes :

a. - Procès-verbaux des Assemblées de Nosseigneurs des Etats de la Province de Languedoc, tenus à Montpellier. (Montpellier, imprimerie Jean Martel aîné).

b. - Pièces écrites et croquis existant aux Archives des Préfectures de Montpellier et d'Albi, spécialement des fragments du *Journal de Chantier* tenu par l'Inspecteur des Travaux.

c. - Dessins authentiques dressés après exécution par l'Inspecteur des Travaux, gracieusement communiqués par le Comte d'Adhémar, un de ses descendants.

S_2. — M. de Dartein : « *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration* « *antérieurs au XIX[e] siècle* ». Volume III : « *Ponts français du XVIII[e] siècle, Languedoc* » p. 67 à 89, PL. 19 à 25.

S_3. — Dimensions qu'a bien voulu relever, sur ma demande, M. Peyre, Conducteur Principal des Ponts et Chaussées à Lavaur.

S_4. — Ce que j'ai vu. — Φ_1 est d'août 1908.

Ce qui n'est pas spécifié S_2, S_3 ou S_4 est de S_1.

PONT SUR L'HÉRAULT, PRÈS DE GIGNAC[1] *(HÉRAULT)*

Chemin de Montpellier à Lodève[2]

1776–1810 E[1] r[re] ($\geqslant$ 40m)3

Φ_1 (S_2)



1. Dispositions à signaler. — Clair, hardi, grandiose, le Pont de Gignac est peut-être le plus beau du XVIII[e] siècle.

« *Pour sauver la grande inégalité des arches*[3] », on adopta une grande voûte surbaissée à parois lisses, entre deux massifs que traversent de lourds pleins cintres, — massifs qui font bien culées, par leur saillie de 2m41 sur le corps central, leurs vigoureux bossages, et l'énorme épaisseur de leurs arches.

Comme à Vizille et Lavaur[4], la grande voûte est en anse de panier à trois centres; elle est bordée d'une simple archivolte à deux ressauts (f_3, f_4).

Les lits des voussoirs sont prolongés jusqu'au cadre[5], appareil qui exagère la voûte et amoindrit l'archivolte.

1. — A 1km2 à l'Ouest de Gignac, — à 30km à l'Ouest de Montpellier.

2. — Actuellement, Route Nationale n° 109.

3. — Procès-verbaux des États généraux du Languedoc. — Séance du 30 décembre 1774.

4. — E[1] r[te] ($\geqslant$ 40m)1, E[1] r[te] ($\geqslant$ 40m)2 — Tome I.

5. — On a fait ainsi aux ponts du Rialto à Venise (fin du XVI[e] siècle), de Saint-Michel à Vicence (1re moitié du XVII[e] siècle), de Villeneuve-lez-Maguelonne près Montpellier (1767-78), au grand arceau de l'aqueduc sur la promenade basse du Peyrou, à Montpellier (1770-72), etc.

Comme à Lavaur[6], la clef et les contre-clefs, sur lesquelles on devait sculpter la croix du Languedoc, sont restées épannelées (f_6).

Les arches latérales sont échancrées aux têtes par de larges ébrasements coniques à 45°, qui abaissent leur épaisseur à la clef à 2^m28 aux têtes, et la largeur de la douelle en berceau à 9^m80, — épaisseur et largeur de la grande voûte. Leurs parements sont à bossages saillants de 0^m11, chacun en deux assises de 0^m40 environ : des bossages à chaque assise eussent été maigres, et auraient réduit l'échelle du Pont.

Sur les faces des murs en retour, en faible saillie de 0^m36 sur les arches latérales, on devait figurer une draperie de glace[7] : elles sont restées lisses[8].

Les piles-culées de la grande arche sont définies comme l'indiquent f_3 et sa légende.

Le boudin et le cavet de la corniche (f_8) ne règnent que sur la grande voûte ; sur le reste, ils se prolongent par deux bandes plates de même hauteur (f_7).

En 1895, on fit passer sur le pont un chemin de fer d'intérêt local. On mit les parapets en encorbellement de 0^m225, on les éleva sur un socle de 0^m46.

2. Fondations des deux piles-culées de la grande arche (1776-84).

— Les deux piles-culées ont été fondées à sec sur le tuf, à 8 et 9^m sous l'eau, en épuisant dans des bâtardeaux à double enceinte, après « *dégravoyement* » général à gueule bée, malgré des crues fréquentes de 6 à 7^m, avec de pauvres moyens pour épuiser et draguer.

Les maçonneries des fondations sont à mortier de pouzzolane.

A. – Pile rive gauche (1776-80) (Côté Gignac). — On employa un an et demi en préparatifs, 3 ans en travaux. Il fallut traverser les débris d'un vieux pont.

La pile fut fondée par échelons à 7^m80 sous l'eau du côté de la grande arche, à 4^m87 de l'autre.

B. – Pile rive droite (1781-84) (Côté Saint-André). — On employa deux ans en préparatifs, un an et demi en travaux.

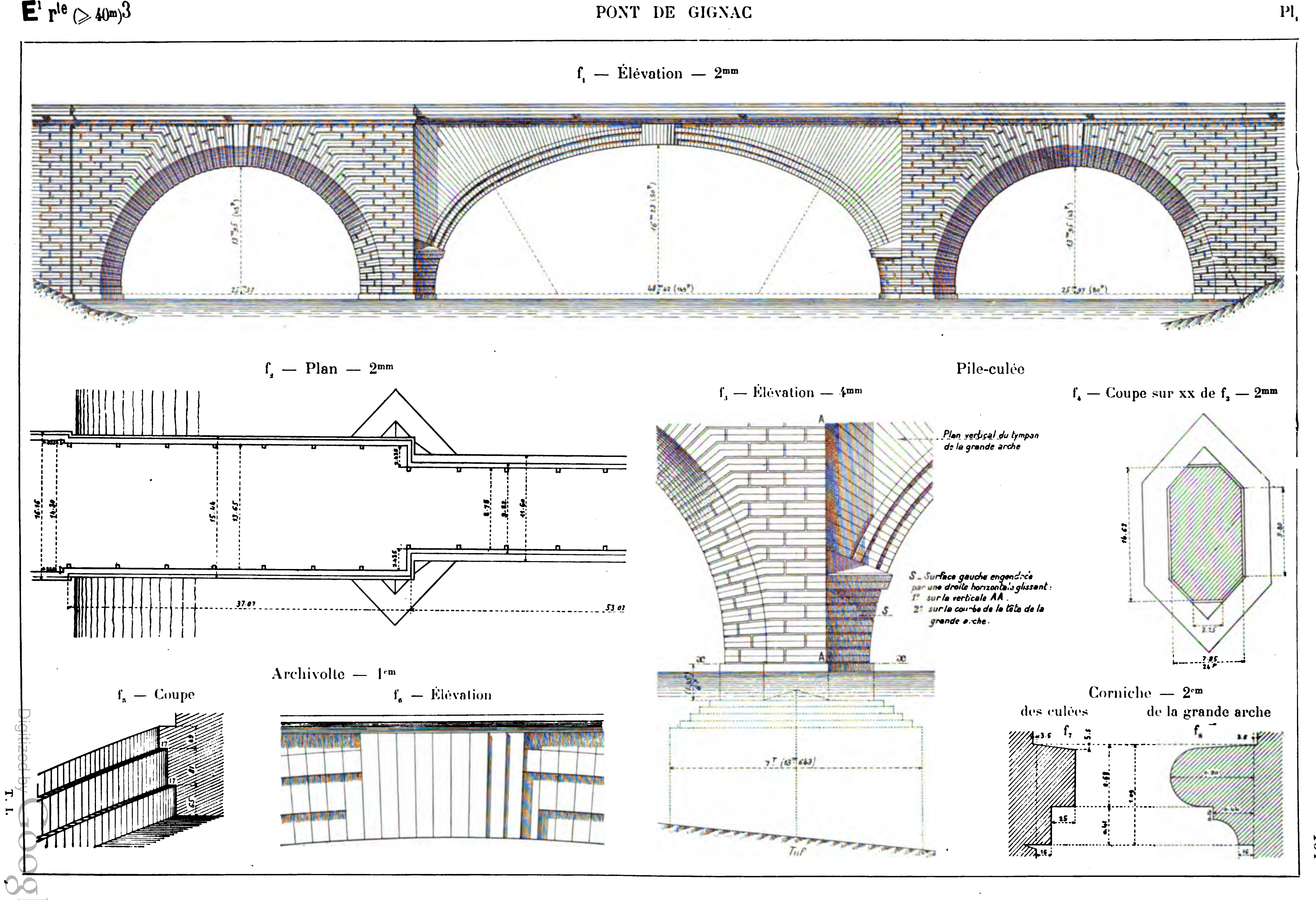
« . . . .

« *Le sol de fondation fut mis à découvert le 4 juin* (1784) *sur environ 4 toises « carrées, et l'on bâtit tout de suite à sec, sur un tuf.. très dur.. : laquelle bâtisse « a été ensuite continuée de proche en proche, à mesure qu'on déblayait la « fondation,... en s'élargissant par petites parties et arcboutant toujours la « charpente contre la maçonnerie déjà faite en proportion des mouvements « inquiétants que cette charpente ne cessait de faire.* »

6. — E[1] r[te] (⩾ 40m)2 — Tome I, p. 97.

7. — Dans les constructions de Versailles, on a fort employé les « glaçons », par ex. : à la grotte de Thétis, construite en 1665, démolie par Mansart ; à Trianon (1679) ; le long du bassin de Neptune (1684). *(Renseignements gracieusement donnés par M. Pierre de Nolhac, Conservateur du Musée de Versailles.)*
Giral a ainsi drapé les tympans du grand arceau de l'aqueduc de Montpellier (1770-72).

8. — En 1776-77, Garipuy fils, pour apprécier l'effet de son projet, construisit sur le Larnoux, à 6k de Gignac, un pont en reproduisant exactement les dispositions à l'échelle de 1/6, en particulier les nappes d'eau congelée des murs en retour.


f1 — Élévation — 2mm
13m95 (45p)
16m23 (50p)
48m62 (150p)
25m97 (80p)
25m97
f2 — Plan — 2mm
37.07
53.02
15.46
13.65
8.78
9.88
11.60
Pile-culée
f3 — Élévation — 4mm
Plan vertical du tympan de la grande arche
S _ Surface gauche engendrée par une droite horizontale glissant :
1° sur la verticale AA.
2° sur la courbe de la tête de la grande arche.
7T (13m643)
Tuf
f4 — Coupe sur xx de f3 — 2mm
16.62
9.80
3.25
7.85
Archivolte — 1cm
f5 — Coupe
f6 — Élévation
Corniche — 2cm
des culées
f7
de la grande arche
f8

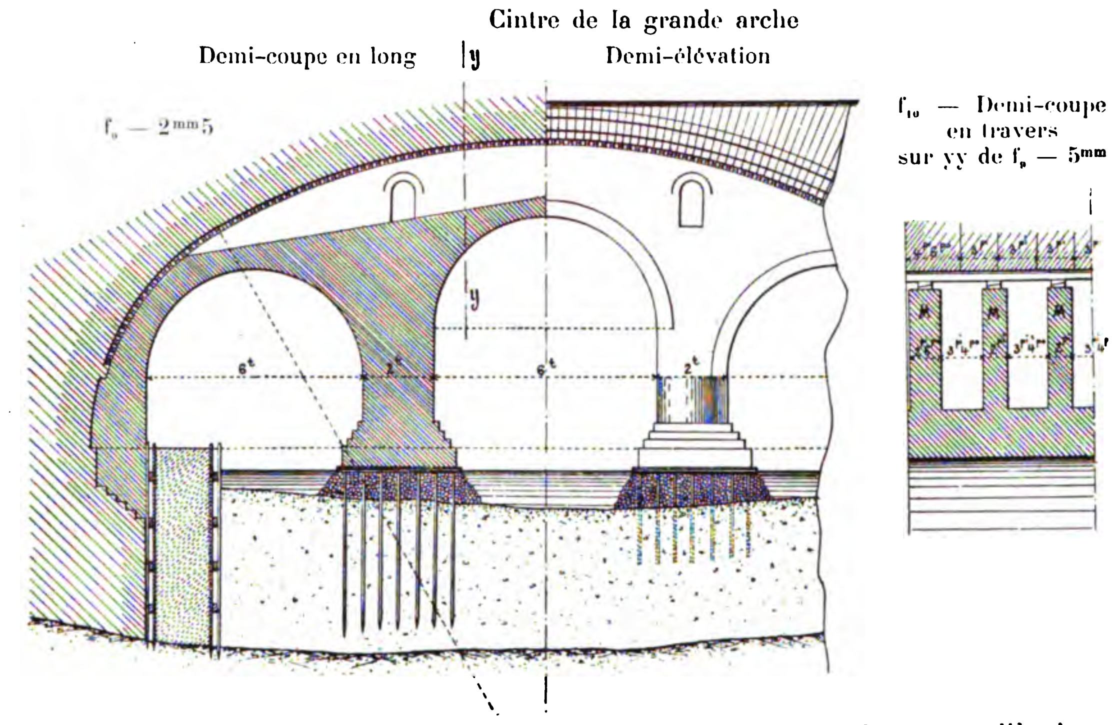
« ...... *Malgré les embarras de la manœuvre à travers un nombre incroyable*
« *d'étançons de toute espèce, la plupart tordus, pliés ou brisés à demi, et malgré*
« *quatre voies d'eau considérables..... on est parvenu le 9 juillet à bâtir la*
« *dernière partie d'une fondation qui a été faite solidement à sec, sur le terrain*
« *ferme, à plus de 26 pieds au-dessous du niveau des eaux, profondeur dont aucune*
« *construction connue n'offre rien qui en approche.* »[9]

3. Cintres. — Les trois voûtes ont été construites sur cintres en maçonnerie, comme le pont de Lavaur décintré en 1782[10].

Entre la douelle et le dessus des cloisons MM.. (f_{10}), on avait placé, sous chaque rang de voussoirs, un couchis, soutenu au droit de chaque cloison par une paire de coins. (Il y en avait 894 à la grande arche).

On interposait des cales, à la demande, entre les voussoirs et les couchis.

Cintre de la grande arche



On ne connaît pas le tassement au décintrement; on sait seulement qu'il n'y a pas eu d'épaufrure, et que l'arche latérale de gauche a tassé de 13mm.

En 1788, les deux arches latérales étaient faites et le cintre de la grande, fondé.

4. Avaries après le décintrement. — La grande arche a été décintrée avant la fin de 1794.

Le 26 février 1798, Giroud, Ingénieur à Lodève, écrit : « *cinq voussoirs de cinq*
« *assises successives, à la réunion du grand et du petit rayon de la grande arche.....*
« *se sont rompus sur toute leur épaisseur sur la pile du côté de Gignac.....*
« ...*Le dessus des voûtes... n'étant point encore recouvert..., les eaux pluviales*

9. — Rapport de Mgr l'Évêque de Montpellier. — Séance des États de Languedoc du 30 décembre 1784.
10. — E[1] r[te] (⩾ 40m)2 — Tome I, p. 98.

« *pénètrent à travers les joints... et en délayent les mortiers;... les voitures... ont* « *formé sur l'extrados... de la grande arche une ornière d'environ 15 pouces* (41c) « *de profondeur...* »

5. Principaux prix.

	Prix du bail de 1776	Prix accordés en 1802
1mc de maçonnerie de moellon	6f42	8f02
1mc de maçonnerie de pierre de taille	26f74	32f06
1mq de parement de pierre de taille	10f	12f52

6. Dates.

— Les travaux avaient été adjugés le 12 juillet 1776 au Sieur Bousquet, dit La Rose, maître maçon [11].

Les piles étaient fondées en 1784; la voûte, décintrée en 1794.

L'ouvrage a été achevé en 1810, 36 ans après l'adjudication.

7. Dépense. [en livres (L)]

Fondations		357.700 L
Cintres	Deux arches latérales	58.900
	Arche centrale	60.000
Ouvrages apparents		553.400
	Dépense totale	1.030.000 L

La dépense prévue était 510.000 L, moins de moitié.

8. Personnel.

Ingénieurs :

Garipuy (fils) de Toulouse, Directeur des Travaux publics de la Sénéchaussée de Carcassonne, mort le 20 mai 1782, à 34 ans. *Auteur du projet.*

Ducros (neveu des Garipuy), d'abord Inspecteur des Travaux ; puis, à la mort de Garipuy fils, Directeur des Travaux de la Sénéchaussée; nommé, en 1791, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Billoin, Inspecteur des Travaux.

A partir de 1791 : Ingénieur en Chef : Billoin ; puis, après 1803, Fontenay ; — Ingénieur ordinaire : Giroud, chargé de la surveillance depuis 1791.

Entrepreneur : Bousquet, dit La Rose.

11. — Sous la caution de divers habitants de Montpellier.

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, 1902, 4e trimestre, p. 48 à 108, Pl. 23 à 27 : « *Le Pont de Gignac sur l'Hérault* », M. de Dartein, Inspecteur général des Ponts et Chaussées [12].

Principales sources citées. — Jusqu'en 1788 inclus : « Procès-verbaux des États Généraux du Languedoc ». Ensuite : Archives Nationales, F14-292 et F14-828. — Pour 1782-96, Archives de l'Hérault.

S_2. — Ce que j'ai vu — octobre 1902.

12. — M. de Dartein a reproduit ce mémoire dans son grand ouvrage : « *Études sur les ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* », vol. III. — Paris, Béranger 1908, p. 125 à 164, PL 34 à 38.

PONT SUR LA SEVERN A GLOUCESTER *(ANGLETERRE)*

1826-1827 E[1] r[te] (⩾ 40m)4





1. Voussure (S₁). — C'est le premier pont anglais à voussure : Telford en a pris l'idée au pont de Neuilly[2].

Le mode de génération n'y est pas le même (f₁), et Telford ne le fait pas connaître.

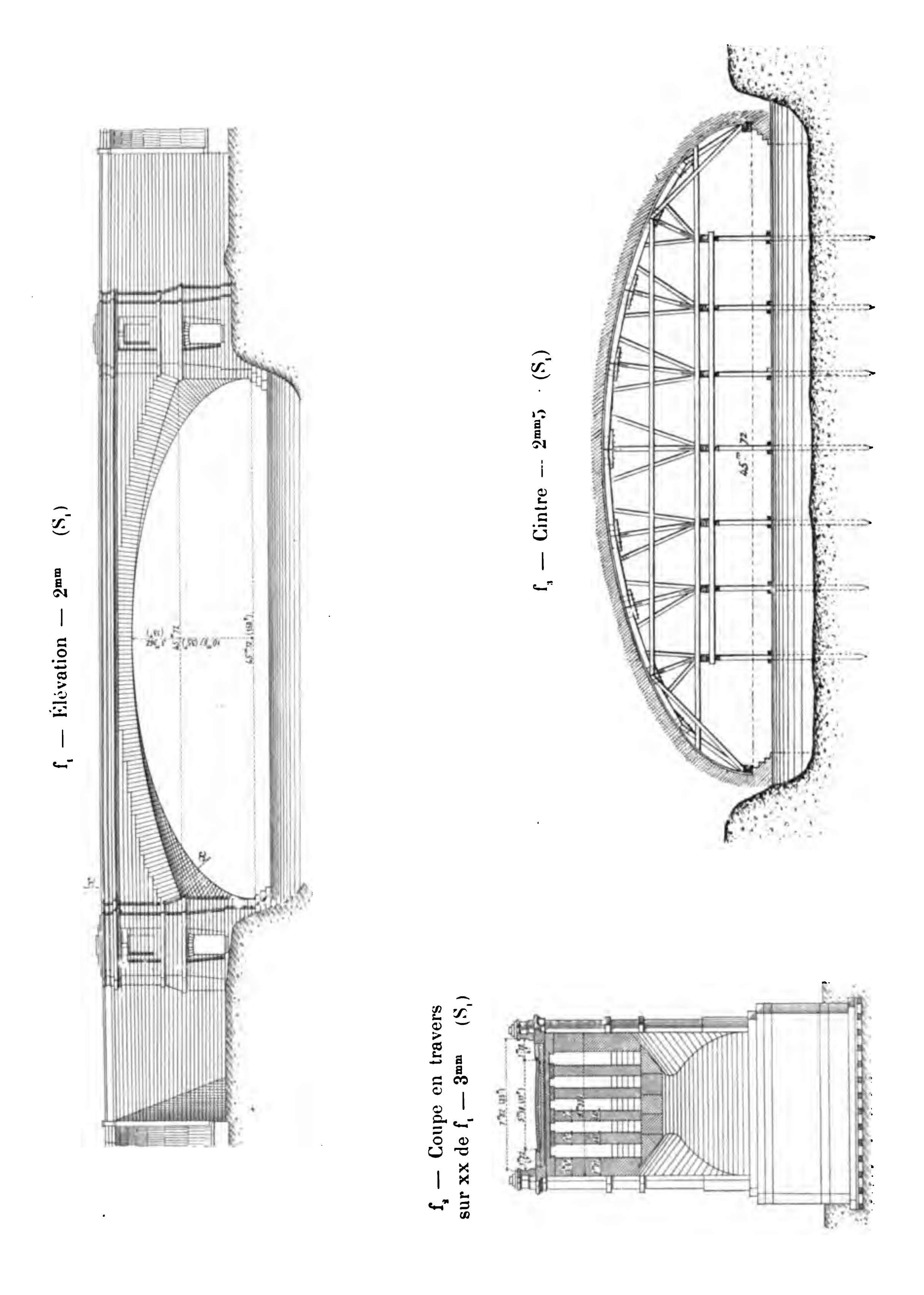
2. Fondations (S₁). — On épuisa dans des bâtardeaux à double enceinte.

On comptait, d'après les sondages, trouver le rocher à 3m environ sous le thalweg, mais la sonde avait été arrêtée par une grosse pierre : on ne rencontra que du gravier.

On disposa sur le fond de la fouille : d'abord un lit de grosses pierres à plat, puis un grillage de 12m19 sur 11m28 avec de la maçonnerie dans les vides, puis une plate-forme jointive de 0m10 d'épaisseur, enfin, au-dessus, jusqu'à l'étiage, de la maçonnerie de grosses pierres de taille.

1. — M. W. W. Grierson, Ingénieur en chef du Great Western à Londres, a bien voulu, sur ma demande, faire photographier le pont (juin 1908).

2. — « *I introduced a form which, although a novelty in England, had, in 1768, been employed by* « *an eminent French Architect* (M. Perronet) *in a bridge... over the river Seine at Neuilly.* » (S₁, p. 261).



f_1 — Élévation — 2mm (S$_1$)

f_2 — Cintre — 2mm5 (S$_1$)

f_3 — Coupe en travers sur xx de f_1 — 3mm (S$_1$)

3. Décintrement (S_2). — Sur chaque pieu du cintre et aux abouts, il y avait 3 coins : deux fixes, celui de dessus et celui de dessous, et, entre eux, un mobile, « *la langue* »[3]. Les surfaces de contact étaient bien rabotées et savonnées.

On a fait descendre les coins mobiles en les frappant avec le mouton de 12 quintaux qui avait battu les pieux du cintre, — cette fois suspendu et poussé horizontalement. En 20 ou 30 coups, le coin se détachait : il fallait ensuite le retenir.

Le décintrement a été fait en 3 h.

4. Mouvements après décintrement. — Après le décintrement, il y eut un tassement supplémentaire de 200mm, dû à l'affaissement des murs en retour rive gauche, fondés[4] fort au-dessus du thalweg sur de la vase durcie reposant sur de la tourbe (S_1, S_2).

Les mouvements des culées continuèrent au point que, vers 1880, des « *sauvages* »[5] réclamèrent la démolition du pont. Les fissures dans les tympans étaient alors telles qu'on s'y pouvait promener à l'aise[6].

« *M. Baker représenta... que ce serait un déshonneur pour le pays de démolir* « *l'œuvre historique de Telford et d'y substituer un « hideux » treillis* » (S_3).

Il descendit et élargit les fondations des murs ; puis, 18 mois après, nettoya et boucha les fissures. 7 ans plus tard, il constata que les mouvements étaient arrêtés.

5. Personnel.

Ingénieur : Telford.
Entrepreneur : Cargill.

3. — « *the tongue* ».

4. — Telford écrit : « *Je me blâme d'avoir permis une économie injustifiée aux fondations des murs* « *en ne les établissant pas sur pieux et plate-forme...* » (S_1).

5. — « *barbarians* » (S_3).

6. — « *...big enough to walk through quite comfortably* » (S_3).

SOURCES :

S_1. — « *Life of Thomas Telford* » p. 258 à 267, Pl. 82 (dessins de l'ouvrage) et 63 (cintre). — « *Gloucester over-bridge* », Londres 1838.

[Morandière — *Construction des Ponts* —, a donné un dessin du pont de Gloucester, Pl. 108, fig. 14 et une courte description, p. 437].

S_2. — *id.* Appendix P, — p. 584 et 585. Extrait d'une lettre de l'entrepreneur Cargill à Telford, du 26 mars 1832.

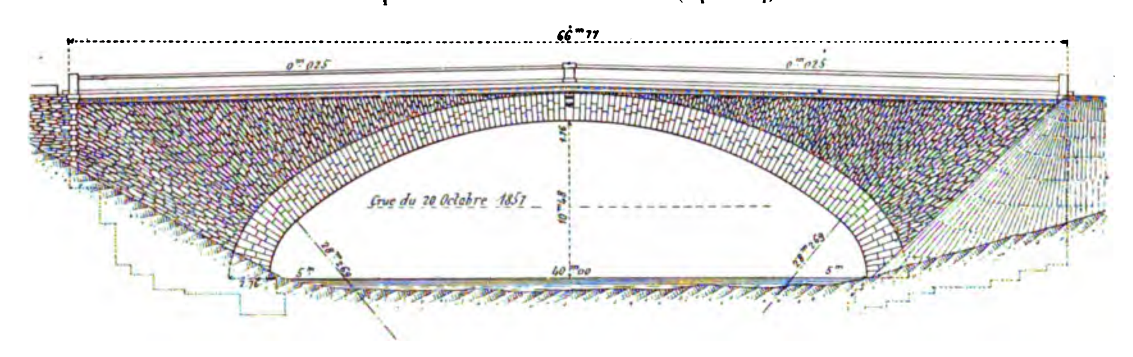
S_3. — « *Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers* ». 1887-88, IIe partie, p. 116, — M. Baker.

PONT SUR LE TORRENT DE FIUM'ALTO *(CORSE)*

Route Nationale n° 198

1862-1863 E^1 r^{te}($\geqslant 40^m$)5

f_1 — Élévation — 2^{mm} (S_1 et Φ_1)



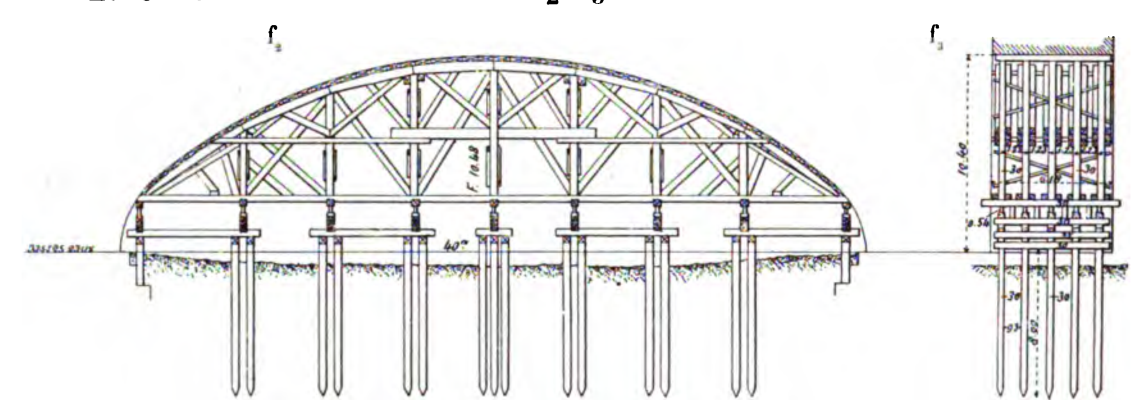
1. Matériaux. — Comme on comptait n'avoir que de mauvais maçons, on a prévu la voûte en maçonnerie ordinaire : pour y diminuer la pression, on a forcé les épaisseurs.



2. Cintre.

$2^{mm}5$

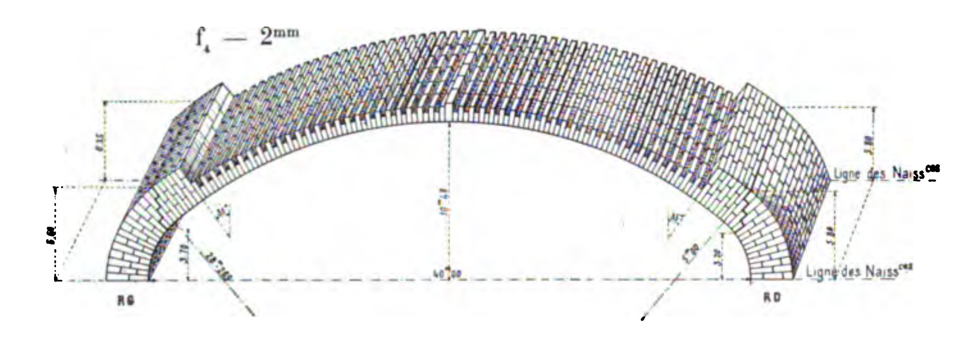
f_2 f_3



3. Exécution de la voûte. — La voûte fut d'abord menée à pleine épaisseur.

Quand elle arriva au joint à 35° sur la verticale, elle s'ouvrit (f_4).

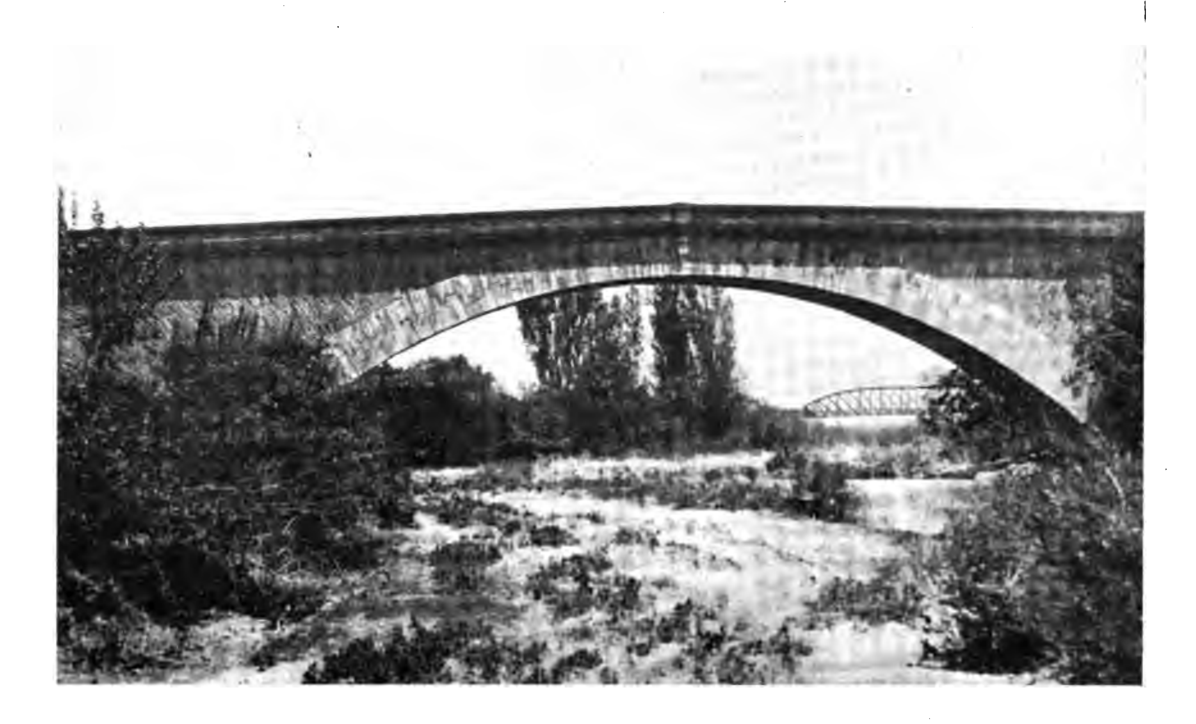
f_4 — 2^{mm}



Les fissures avaient à l'extrados :

	Amont	Aval
Culée rive droite	10^{mm}	15^{mm}
Culée rive gauche	10^{mm}	12^{mm}

Φ[1]



On les boucha avec du mortier clair, mais on ne continua qu'avec un rouleau de 1^m d'épaisseur moyenne. Il s'y produisit 4 fissures de 4^{mm} à l'extrados.

Pour serrer les joints de clefs, on enfonçait dans le mortier frais de petits coins en fer.

Le premier rouleau fut clavé le 21 juin 1863.

Le second a été exécuté du 21 juin au 11 juillet, en maçonnerie très irrégulière, en se hâtant à cause de la malaria[2].

4. Décintrement. — La voûte fut décintrée le 16 septembre 1863, sans tassement appréciable.

5. Ingénieurs. — en chef : M. Vogin ; — ordinaire : M. Doniol.

1. — M. l'Ingénieur en chef Reuss a bien voulu, sur ma demande, faire faire cette photographie.
2. — Sur 132 ouvriers qui travaillaient à la fin de juin, 127 eurent la fièvre.

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, 1868, 2ᵉ semestre, p. 147 à 171, Pl. 171 : « *Pont de Fium'Alto* » — M. Doniol, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

PONT ANNIBAL SUR LE VULTURNE A S. ANGELO PRÈS DE CAPOUE *(ITALIE)*

1868-1870 E¹ r^te (⩾ 40^m)6

Φ₁ — aval (S₁)



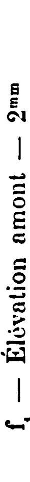
1. Ancien pont. — Il y avait là un vieux pont ruiné à 6 arches inégales, que, d'après une tradition locale, Annibal aurait construit ou détruit. Il en restait les culées, deux arches rive gauche et les fondations des autres piles (S_1).

2. Pont actuel. — La grande voûte repose sur les deux piles de rive de l'ancien pont, élargies, et appuyées contre les vieilles culées par des voûtes annulaires (S_1).

Elle est en pierre de taille sur 1^m au-dessus des naissances, en briques sur les 4^m23 suivants et sur 4^m de chaque côté de la clef. Le reste a été divisé par des plans parallèles aux têtes en 5 anneaux de 1^m322 ; les deux extrêmes et celui du milieu ont été construits en briques ; les autres, moitié en briques, moitié en tuf (S_1) (f_1).

Les briques ont 26^cm × 13^cm. Pour une moitié, l'épaisseur est de 3^cm5, pour l'autre moitié, 4^cm5 : avec ces différences, on donnait aux tranches la forme de coins.

Les douelles des yeux des culées et, autant qu'on en peut juger de loin, celle de la grande voûte, sont crépies (S_2).



f1 — Élévation amont — 2mm

Cintre — 2mm5

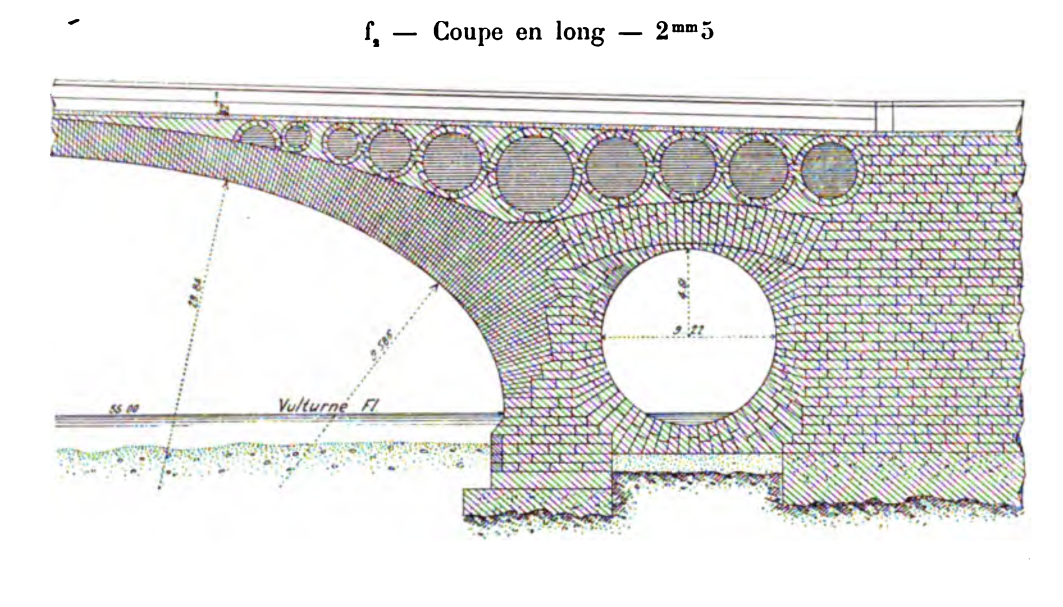
f4

f5

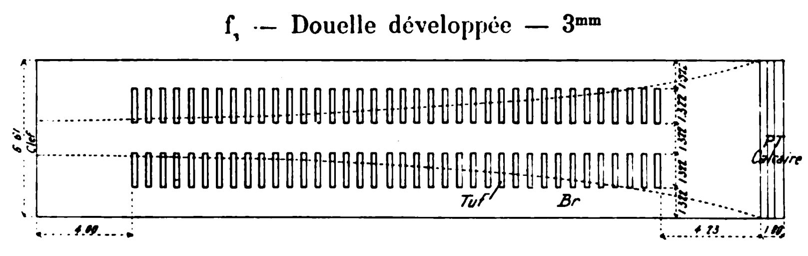
3. Construction de la voûte. — La voûte a été construite en trois rouleaux, avec mortiers de plus en plus énergiques, de façon à avoir fait une prise à peu près égale au moment du décintrement.

Pour diminuer la charge sur le cintre pendant la construction du premier, on clava d'abord un segment ayant partout l'épaisseur du rouleau, mais dont la largeur allait en diminuant des reins à la clef.

f_2 — Coupe en long — 2mm5



f_1 — Douelle développée — 3mm



Même mode de construction pour le deuxième rouleau.

Les rouleaux superposés sont reliés seulement de distance en distance par des voussoirs de tuf.

A mesure que la maçonnerie s'élevait, au droit des premières palées à droite et à gauche, là où elle était fort épaisse, des fissures s'ouvraient, larges de 8mm à l'extrados, s'arrêtant vers le milieu de l'épaisseur.

Puis, la voûte s'avançant vers la clef, quelques autres fissures s'ouvrirent sur les deuxième et troisième palées, mais seulement d'une largeur à l'extrados de 2mm.

Ces fissures du premier rouleau apparurent moindres dans le second, et ne se montrèrent pas dans le troisième.

La voûte a été clavée le 2 septembre 1869, décintrée le 6 avril 1870, l'ouvrage étant déjà ouvert à la circulation.

On décintra, des naissances vers la clef, en entaillant au ciseau les têtes des poteaux sous les vaux.

4. Durée d'exécution (S_1). — Les travaux, commencés le 22 juin 1868, ont été interrompus par les crues de l'hiver 1868-69, et repris le 17 mai 1869.

Il y a eu 17 mois de travail effectif.

5. Ingénieurs.

Projet : M. Giustino Fiocca[1].
Exécution : MM. Giustino Fiocca et Pasquale Sasso.

1. — Inscription à la culée rive gauche :
A GIUSTINO FIOCCA CHE ARCHITETTÒ E COMPÌ L'ARDITO PONTE, LA PROVINCIA POSE 1879 (S_3).

SOURCES :

S_1. — « *Memorie sulla ricostruzione del Ponte Annibale* » Naples, 1871, — M. Pasquale Sasso.

S_2. — Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 428 et suivantes, Pl. 39 : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* » — M. Séjourné, — Note faite d'après S_1 et des renseignements donnés directement par M. Sasso.

S_3. — Ce que j'ai vu, — octobre 1908.

PONT DU DIABLE[1] SUR LE SELE, *(Province de Salerne - ITALIE)*[2]

1871-1872 E' r^{te} ($\geqslant$ 40^m)7

Φ_4 (S_3)



1. Pourquoi on a fait une grande voûte. — Les crues transportent du gravier, du sable, de gros arbres : un pont en fonte construit en 1864-66 s'écroula, à peine fini (S_1).

2. Grande voûte. — La voûte a ses naissances à 3^m sous l'étiage; elle est échancrée aux deux têtes par une voussure en corne de vache, peu justifiée ici.

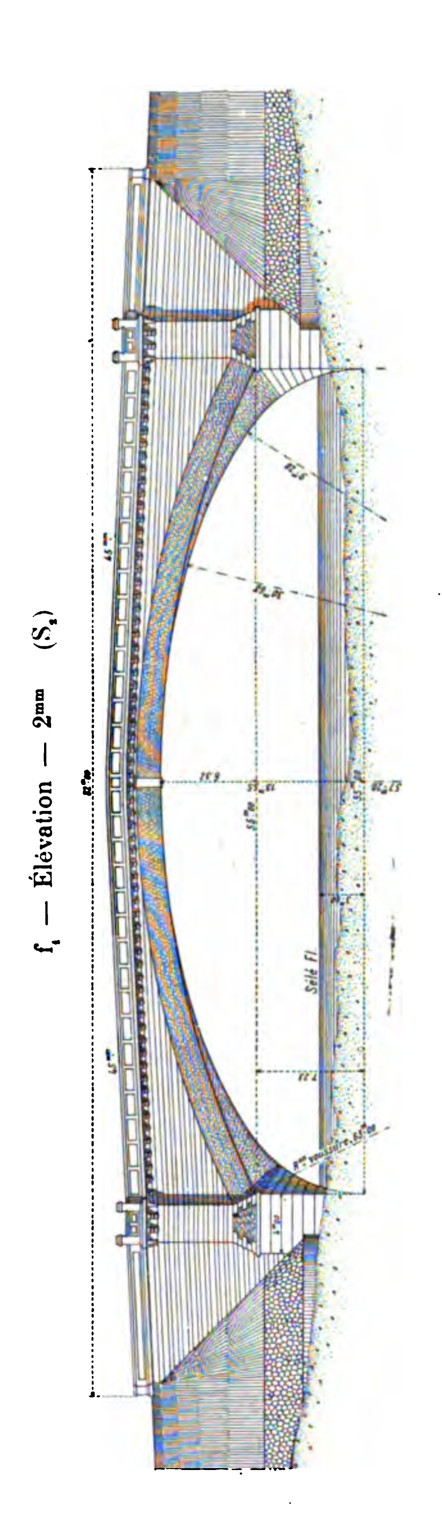
La douelle en berceau, qui a 7^m de largeur à la clef, n'a plus aux naissances que $7^m - 2 \times 0^m80 = 5^m40$.

Elle est barbouillée de mortier.

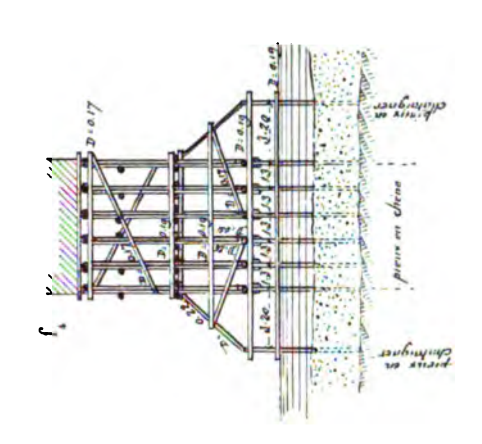
3. Tympans. — Ils ont été revêtus d'un crépi à bandes parallèles à la chaussée ; il est tombé, là où il dissimulait les briques prolongeant les lits du bandeau (S_2).

1. — Ponte del Diavolo, dit aussi : Ponte Fiocca.

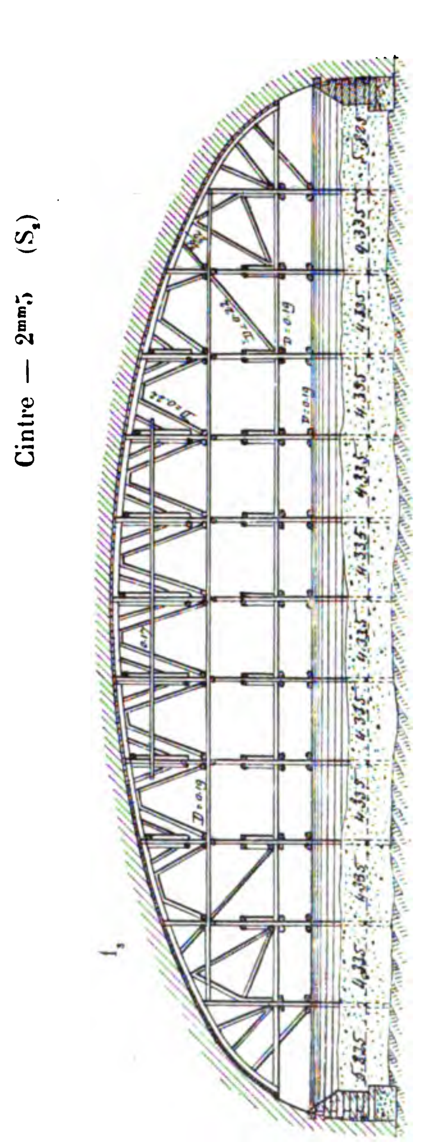
2. — A 10 minutes à pied, au nord de la station d'Albanella, ligne de Battipaglia à Reggio de Calabre. (La station suivante est celle de Pœstum). Le pont est un peu en amont du chemin de fer (S_3).



f₁ — Élévation — 2mm (S₂)



f₂



f₃

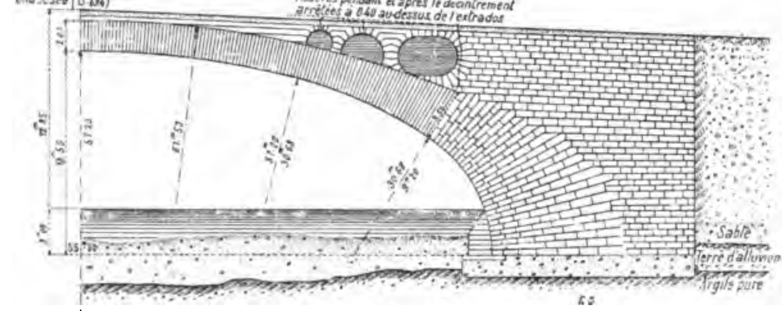
Cintre — 2mm,5 (S₂)

4. Plinthe (S_4). — La plinthe est portée par des corbeaux en briques. On y voit quelques fissures (f_1)[3].

Il n'y a pas de trottoirs, mais de simples bordures de 0m40.

f_3 — Coupe en long — 2mm (S_1 et S_2)





5. Cintre (f_3, f_4). — Cintre très léger, levé en 55 jours (S_1).

6. Mode de construction de la voûte (S_1). — La voûte a été construite en trois rouleaux ayant chacun le 1/3 de l'épaisseur de la voûte, avec mortiers de plus en plus énergiques, afin qu'au décintrement, qui devait être fait vite, tous eussent la même résistance.

On clava d'abord un segment ayant partout l'épaisseur du 1er rouleau, mais dont la largeur allait en diminuant des reins à la clef.

Même mode de construction pour le second rouleau.

Les rouleaux superposés sont reliés seulement de distance en distance par quelques briques engagées.

Pendant la construction, on arrosa constamment les maçonneries, pour empêcher le soleil de sécher le mortier.

7. Décintrement (S_1). — La voûte a été clavée le 26 juillet 1872. On commença le décintrement le 21 octobre, l'ouvrage achevé.

8. Tassements de la voûte (S_1).

Du clavage (26 juillet 1872) à la veille du décintrement (20 octobre)	45mm
Commencement du décintrement et affouillement dû à la crue du 25 octobre	55
Commencement du décintrement et affouillement dû à la crue du 15 novembre	5
Achèvement du décintrement (24 novembre)	115
Pendant l'achèvement du pont (parapet, chaussée), jusqu'au 12 février 1873	120
Total	340mm

3. — Octobre 1908.

9. Durée d'exécution. (S₁) — De fin mars à fin juillet 1871, on fonda les culées. On s'arrêta en juin à cause de la fièvre ; puis, tout l'hiver, à cause des crues.

On reprit en avril 1872. On travailla, cette fois, tout l'été. Malgré la malaria, malgré les bandits qui tenaient le pays, et bien qu'il fallût amener de loin ouvriers et matériaux, on a fait, en 12 mois de travail effectif, cet ouvrage dont la voûte est demeurée, avec celle du pont Annibal, la plus grande en ellipse surbaissée.

10. Dépense (S_1).

Cintre, pieux de fondation, pont de service	82.000 f
Maçonneries	248.000 f
Total (accès et intérêts non compris)	330.000 f

11. Ingénieurs (S_1).

Projet : M. Giustino Fiocca.

Travaux : MM. Giustino Fiocca et Pasquale Sasso.

SOURCES :

S_1. — « *Ponte del Diavolo sul Fiume Sele al Barizzo* » M. Pasquale Sasso, Naples 1873.

S_2. — Annales des Ponts et Chaussées, octobre 1886, p. 428 et suivantes, Pl. 39 : « *Construction des Ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette* », M. Séjourné. - Note faite d'après S_1 et des renseignements donnés directement par M. Sasso.

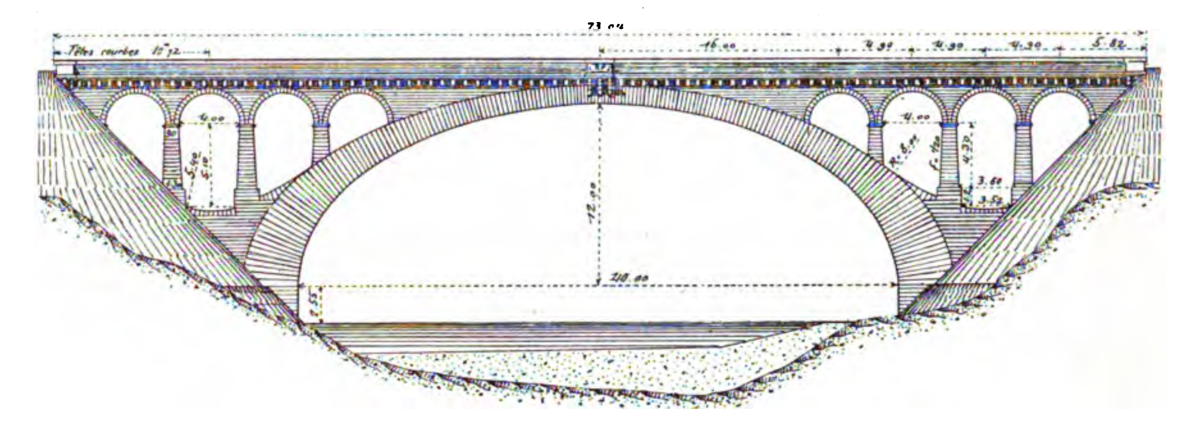
S_3 — Ce que j'ai vu — octobre 1908.

PONT DE SAINT-PIERRE[1] SUR LE DADOU *(TARN)*

Chemin de grande communication n° 19

1886 $\mathbf{E}^1\ r^{te}\ (\geqslant 40^m)8$

f_1 — Élévation — 2^{mm} (S_1)

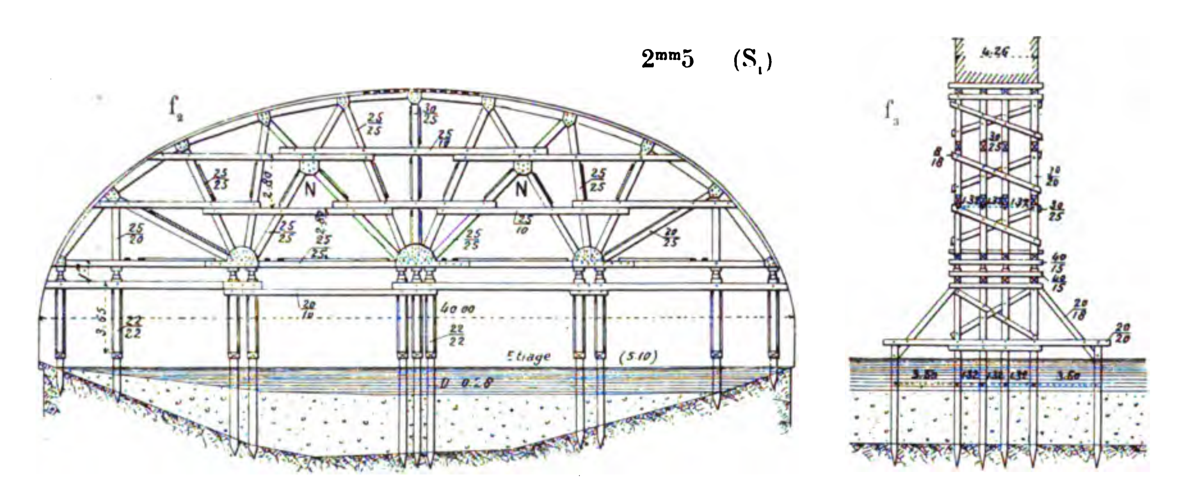


1. Intrados. — Une grande arche était là bien justifiée, — mais pourquoi en ellipse ?

2. Cintre. — Les assemblages sont recouverts de plaques de tôle de 5^{mm}. L'espacement des couchis varie de 0^m21 à la clef à 0^m35 aux reins.

Le cintre est imité de celui du Pont Antoinette[2], sauf les deux nœuds N, (f_2).

$2^{mm}5$ (S_1)



Le battage des pieux a coûté, en moyenne :

par pieu.. 26^f58

par mètre courant de fiche......................... 11^f32

Pour une longueur moyenne de 5^m39, un pieu (chêne), mis en place, saboté, est revenu à l'entrepreneur à 49^f48.

1. — Commune de Saint-Gauzens (Tarn). — Près de la halte de Puybegon-Saint-Sernin (Tramway à vapeur de Laboutarié à Lavaur).

2. — $\widehat{\mathbf{A}}^1\ F^r(\geqslant 40^m)^5$ - (Tome II), — achevé deux ans plus tôt dans le même département.

3. Exécution de la grande voûte. — On a suivi l'instruction rédigée pour le pont de Lavaur[3].

Φ_1 (S_2)



4. Dépenses.

Fouilles	1.596 f 29
Maçonneries	86.897 f 70
Charpente	18.747 f 17
Somme à valoir	2.444 f 76
Total	109.685 f 92

5. Ingénieur. — *Projet et Exécution :* M. Antraigues, Agent-Voyer en chef du Tarn.

3. — $\hat{A}^1$ F^r ($\leqslant$ 40m)4 - (Tome II), — achevé deux ans plus tôt dans le même département.

SOURCES :

S_1. — Annales des Chemins Vicinaux, juin 1888, p. 293 à 334, Pl. XVI à XX : « *Mémoire* « *sur la construction du Pont de Saint-Pierre* », M. E. Antraigues.

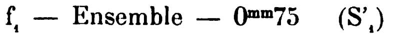
S_2. — Ce que j'ai vu — août 1908.

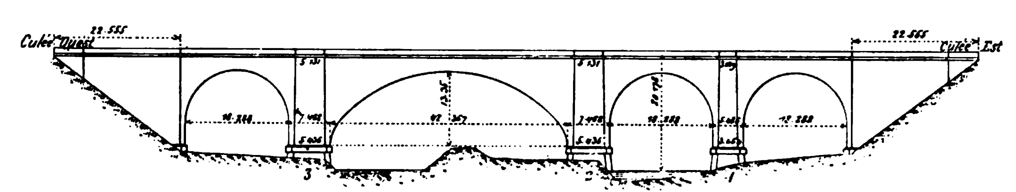
PONT DE L'AVENUE EDMONDSON

SUR LA VALLÉE DE GWYNN'S FALLS ET LE CHEMIN DE FER « WESTERN MARYLAND »

A **BALTIMORE** *(Maryland - ÉTATS-UNIS)*

1908-1909 E^1 r^{te} ($\geqslant 40^m$)9

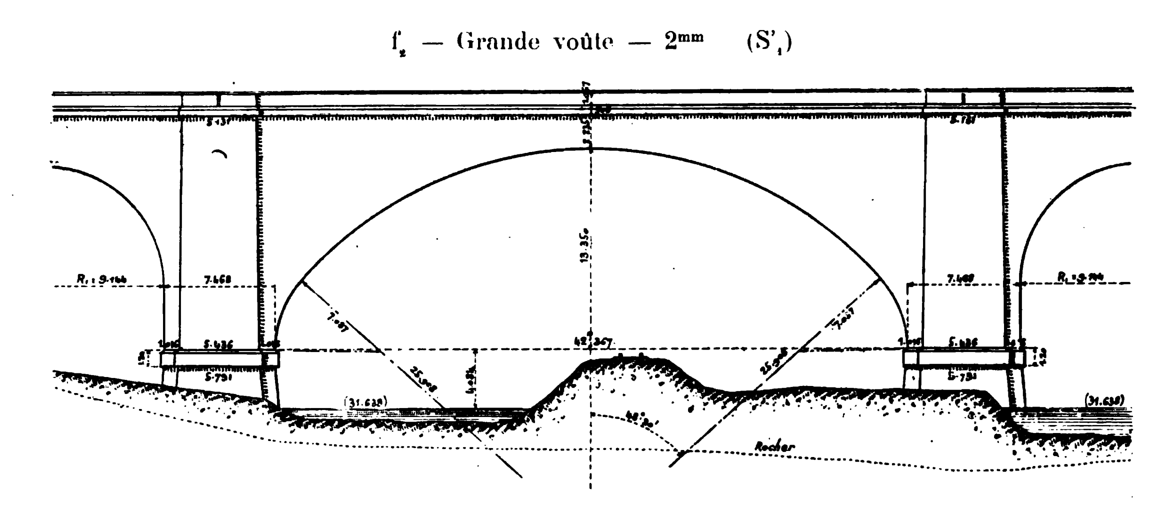

f_1 — Ensemble — $0^{mm}75$ (S'_1)



1. Construction en deux moitiés (S''_1). — L'ouvrage est à la place d'un pont métallique à trois travées, devenu insuffisant. Il fallait maintenir la circulation (piétons, voitures, tramways électriques).

On a construit la moitié Nord du nouveau pont, la circulation passant sur la moitié Sud conservée de l'ancien, puis, la moitié Sud du nouveau, la circulation passant sur sa moitié Nord.

f_2 — Grande voûte — 2^{mm} (S'_1)



2. Béton non armé et béton armé (S_2). — Tout est en béton.

On a seulement armé :

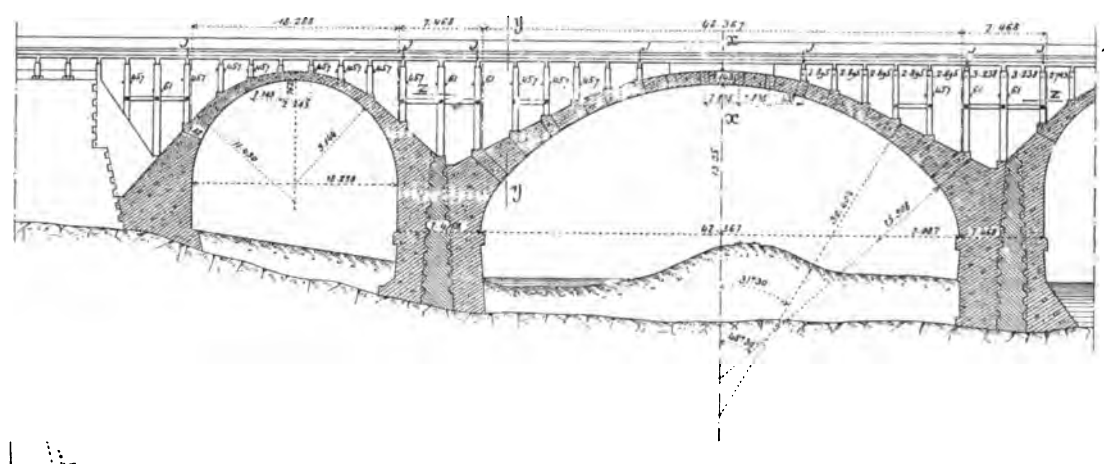
le hourdis sous chaussée, lequel est porté par des poutrelles de 304^{mm} enrobées dans du béton, ancrées dans les tympans (f_6, f_7) ;

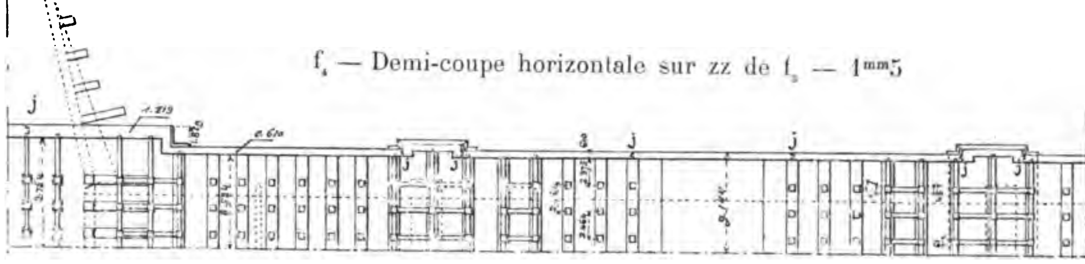
les piliers, qui supportent ces nervures entre les tympans (f_2, f_4, f_6, f_7, f_8) ;

le trottoir de $12^{cm}7$ d'épaisseur, — par des barres de 25^{mm} espacées de 152^{mm} (f_5, f_6) ;

le bahut des parapets, lequel est chevillé dans les fûts en béton qui prolongent les murs de tympans (f_5, f_6).

f₃ — Coupe en long — 1mm5

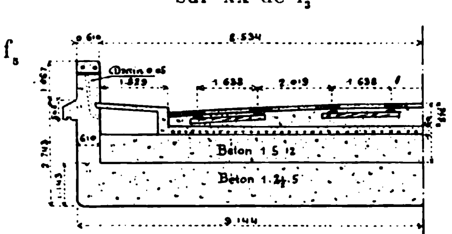




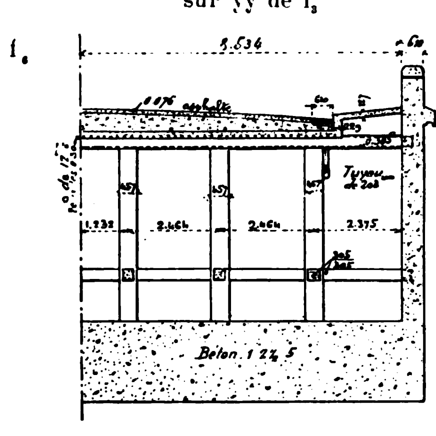
f₄ — Demi-coupe horizontale sur zz de f₃ — 1mm5

Demi-coupes en travers — 5mm

sur xx de f₃



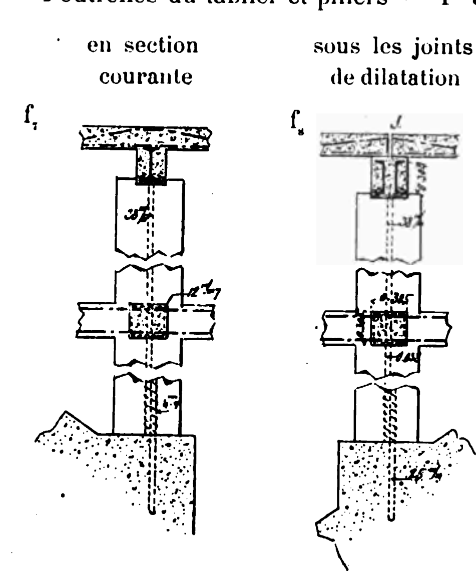
sur yy de f₃



Poutrelles du tablier et piliers — 1cm5

en section courante

sous les joints de dilatation



3. Ecoulement des eaux (S''_1 S_2). — Des tuyaux en fonte (f_6) traversent la plate-forme, et amènent l'eau dans l'axe des piles à des conduites verticales débouchant à l'étiage ; des trous d'homme permettent d'en visiter l'entrée.

4. Chape (S_2). — On a appliqué deux couches de coaltar sur l'extrados de la voûte et sur la plate-forme en béton armé, leurs surfaces étant bien sèches.

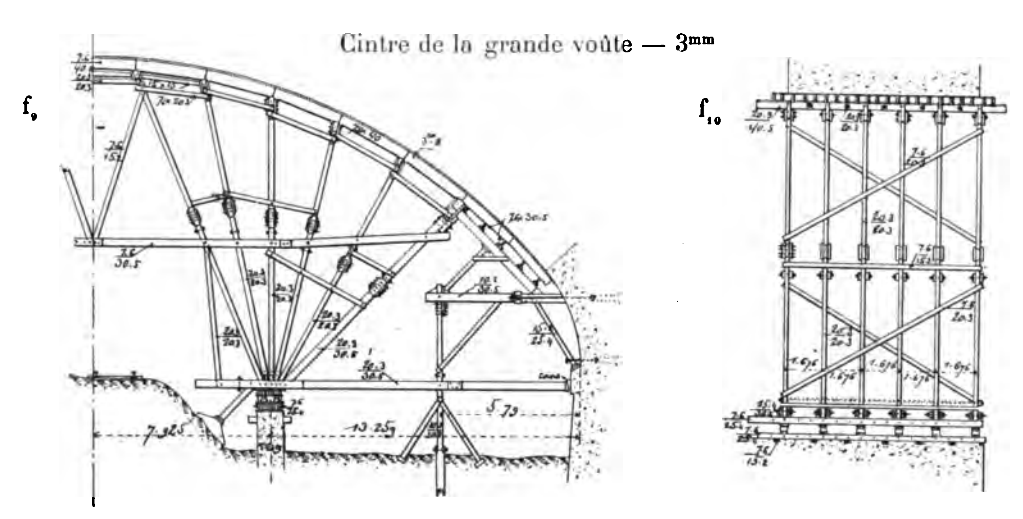
5. Parements (S''_1, S_2). — Les parements vus sont bouchardés.

Les cordons des naissances, la plinthe, les bahuts des parapets, sont enduits de mortier, (1 de ciment, 3 de petit gravier bleu).

6. Joints de dilatation (S''_1, S_2) (f_3, f_4, f_8). — Au-dessus du cerveau de la grande voûte, au-dessus des piles, dans les culées, des joints transversaux *j* coupent la plate-forme ; ils sont continués, dans les tympans et les murs en retour, par des joints à rainures et languettes verticales (f_4).

Le hourdis des trottoirs est coupé tous les 1^m829 (S''_1).

7. Cintres (S_3)[1]. — Les cintres ont été transportés de la moitié Nord, construite la première, sous la moitié Sud.



8. Exécution (S_3). — *A. - Culées.* — Pour lier le béton à l'ancienne maçonnerie conservée, on enleva, sur 25 °/₀ de sa surface, des moellons du parement.

On coulait le béton par couches de 23^{cm} à 60^{cm} en fondation, de 15^{cm} en élévation, pilonné de façon à ce que le pied n'y enfonçât que de 5 à 10^{cm}.

Chaque soir, on l'arasait horizontalement ; puis, sur le 1/10e de sa surface, on y enfonçait à la main des pierres sur la moitié de leur hauteur.

Le lendemain matin, on enlevait ces pierres, et on lavait la surface du béton.

On démoulait 3 jours après le bétonnage.

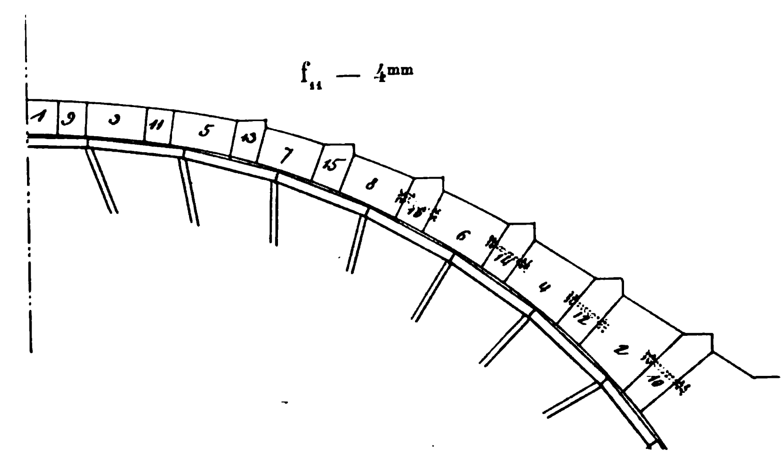
Le béton de parement était tenu humide pendant au moins 7 jours.

On a autorisé dans le béton 40 °/₀ de grosses pierres pesant jusqu'à 3 tonnes.

1. — Projet de l'Ingénieur-Conseil, modifié par l'Entrepreneur.

B.– Pile-Culée 3 (f_1). — On descendit jusqu'au rocher, à 6m sous l'eau, dans un batardeau à palplanches d'acier de 9m15 × 22m87 ; l'ancienne fondation, qui était en partie affouillée, se fissura pendant les travaux ; on la reprit en sous-œuvre sur 30 °/o de sa section et sur 1m22 de profondeur, en la maintenant par des colliers d'acier. Elle ne tassa plus (S''_1).

C.– Grande voûte (S_2). — On l'a construite, dans l'ordre des chiffres de (f_{11},) en 16 paires de tranches symétriques par rapport à la clef, alternativement minces et épaisses.



On bétonnait d'abord les tranches épaisses, en soutenant celles des reins :
à la moitié Nord de la voûte, par des fers en I ;
à la moitié Sud, par des fers de l'ancien pont.

D.– Arches latérales (S_3). — On les a construites en 5 tranches ; d'abord celle de la clef.

9. Dates (moitié Nord).

Grande voûte	Exécution.............	30 novembre — 10 décembre 1908
	Décintrement..........	3 mars 1909
Ouverture à la circulation................		Juin 1909

10. Personnel (S''_1, S_2).

Ingénieurs. — *Projet et Direction des Travaux :* MM. B. T. Fendall, Ingénieur de la Ville ; J. S. Doyle, Sous-Ingénieur ; W. J. Douglas, Ingénieur-Conseil.

Entreprise : « The Baltimore Ferro-concrete C° » (Ingénieur : M. Henri Kampmann.)

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution (S'_1) et renseignements (S''_1), gracieusement communiqués par M. B. T. Fendall, sur l'invitation de M. W. J. Douglas, « Consulting Engineer » à Washington.

S_2 — Engineering Record, 19 juin 1909, p. 766 et 767 : « *The Edmondson Avenue Bridge,* « — *Baltimore* ».

S_3. — Engineering Record, 14 août 1909, p. 172 à 175 : « *The construction of the* « *Edmondson Avenue Bridge, Baltimore* ».

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $E^1 F^r$ ($\geqslant 40^m$)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDE VOÛTE					
	Longueur entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans* sous la plinthe } Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	INTRADOS { Portée *Montée* Surbaissement } *Rayons de courbure :* { *à la clef,* / *aux naissances* }	ÉPAISSEURS — CORPS { Clef *Milieu de la montée* }	ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef *Reins* }	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg, $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMEN[T] DES TYMPAN[S] 2° *DÉCORATIO[N] DES TÊTE[S]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Signac** *France* 1871-1872 **E**¹Fʳ (⩾40ᵐ)¹	*54ᵐ* 17ᵐᵐ 17ᵐ25	{ 4ᵐ,50 / *4ᵐ,20* } Pas de fruit 0ᵐ85	Anse de panier à 19 centres { **40ᵐ,00** *12ᵐ312* $\frac{1}{3,25}$ = 0,308 } [*35ᵐ92* / *7ᵐ42*]	{ 1ᵐ,70 *3ᵐ,25* }	{ 1ᵐ,20 *1ᵐ,70 aux naissances* }	Bandeaux : PT¹ à bossages Douelle : PT sur 1ᵐ60 d'épaisseur moyenne Queutage : au cerveau, sur 22ᵐ PT ; aux reins MOV¹ *Au-dessous du milieu de la montée : Chaux 300ᵏ ; au-dessus : Ciment de Boulogne 666ᵏ*	Pression moyenne à la clef, avec surcharge : 16ᵏ3 *St-Guilhem* »	1° Pas d'évidemen[t] Remplissa[ge] en pierre[s] sèches 2° »
sur le **Verdon** *France* 1905-1906 **E**¹Fʳ (⩾40ᵐ)²	*64ᵐ60* 0 12ᵐ13	{ 5ᵐ,58 1 voie : 4ᵐ55 1 passage pour piétons : 1ᵐ00 *4ᵐ85* } Pas de fruit 0ᵐ70	Ellipse { **40ᵐ,00** *10ᵐ00* $\frac{1}{4}$ = 0,25 } [*40ᵐ* / *5ᵐ*]	{ 1ᵐ,50 *2ᵐ,70* }	1ᵐ,30 { *1ᵐ45 au milieu de la montée* }	Bandeaux : PT petit appareil Douelle : ME¹ Queutage : ME au-dessus de 65° *Au-dessus de 81°, Ciment artificiel lent*	Pression moyenne : avec surch. / sans surch. — Clef : 14ᵏ5 / 8ᵏ3 ; 60° : 10ᵏ2 / 5ᵏ5 *Méry* »	1° Pas d'évidemen[t] Remplissa[ge] en pierre[s] sèches 2° »

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

A VOIE NORMALE SÉRIE $E^1 F^r$ (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

[F]ONDATIONS [Na]*ture du sol* [P]rofondeur [so]us l'étiage Pressions sur le sol kg $\overline{0^m01^2}$ *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDE VOÛTE — CINTRE — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rocher *[cal]caire taillé* *[e]n gradins* » » »	Fixe » 16 Boites à sable aux 4 palées centrales, 8 Vérins aux 2 intermédiaires Coins aux 2 extrêmes	4 *30^{cm}* 1^m25 »	139^{mc} 590^k 10730^f	$0^{mc}71$ 3^k0 54^f8	2 rouleaux le 2e aux reins seulement	Voûte nue *68 jours* 3 avril	$t'_v = 0$ t''_v (sous la charge des tympans) $= 2^{mm}$	$Q = 1250^{mc}$ $Q : S_p = 5^{mc}14$ $Q : W = 0^{mc}34$ $D = 77\,204^f$ (non compris le tablier métallique et sa culée) $D : S_p = 317^f7$ $D : W = 21^f2$ $D : Q = 61^f8$
Marne *[c]ompacte* - 11^m22 — 13^m22 [P]ressions : [ma]xima 14^k [mo]yenne 8^k *[sol] comprimé*	Fixe Poteaux, poinçons, triangles. » Boîtes à sable	4 *25^{cm}* 1^m40 *50mm*	88^{mc} 2237^k 8786^f	$0^{mc}39$ 10^k0 39^f1	A partir de 45° de la clef : 2 rouleaux Au 1er rouleau : 4 tronçons, 11 clavages, Au 2e rouleau : 4 tronçons, Joints secs matés	Ouvrage achevé *75 jours après achèvement du 1er rouleau.* *35 jours après achèvement du 2e* 19 septembre	$t_c = 44^{mm}$ $t'_v = 0^{mm}6$	(Fondations / Élévation / Ensemble) Q : 2085^{mc} / 2039^{mc} / 4124^{mc} $Q : S_p$: $5^{mc}78$ / $5^{mc}65$ / $11^{mc}43$ $Q : W$: $0^{mc}58$ / $0^{mc}57$ / $1^{mc}15$ D [6] : 151316^f / 74760^f / 226076^f $D : S_p$: 419^f8 / 207^f4 / 627^f2 $D : W$: 42^f7 / 21^f8 / 63^f7 $D : Q$: 72^f6 / 36^f7 / 54^f8 6. — Non compris les guideaux et quarts de cône qui ont coûté ensemble 42 170f.

[2. Pou]r le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE E^1 F^r ($\geqslant$ 40m)

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA PIQUE A SIGNAC *(HAUTE-GARONNE)*

Ligne de Montréjeau à Bagnères-de-Luchon

1871-1872 E^1 F^r ($\geqslant$ 40m) 1

Φ_1 $(S)_1$



1. Intrados. — L'intrados est en anse de panier à 19 centres, déterminée par la méthode Saint-Guilhem [1] (S_1).

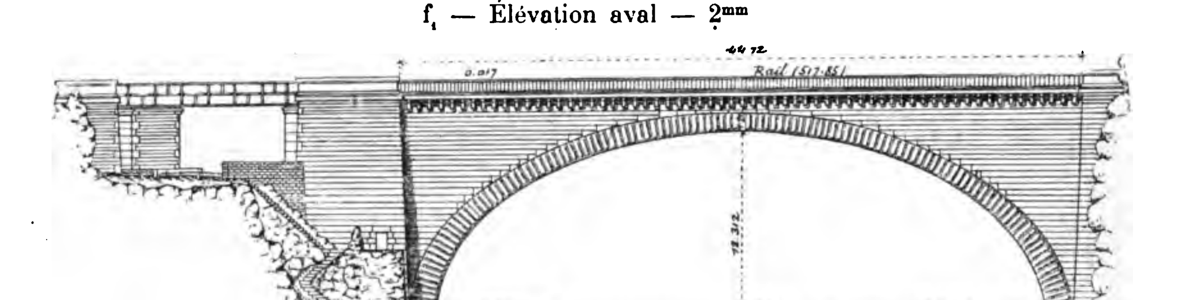
1. — Annales des Ponts et Chaussées. 1859, 1er semestre, p. 83 à 106 : « *Mémoire sur l'établissement* « *des arches de pont assujetties aux conditions du maximum de stabilité* », par P. Saint-Guilhem, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.



2. Cintre (f_3). — Les palées portent sur une semelle transversale posée, pour les 4 de rive droite, au fond d'une fouille, pour les 4 de rive gauche, dans le lit de la Pique.

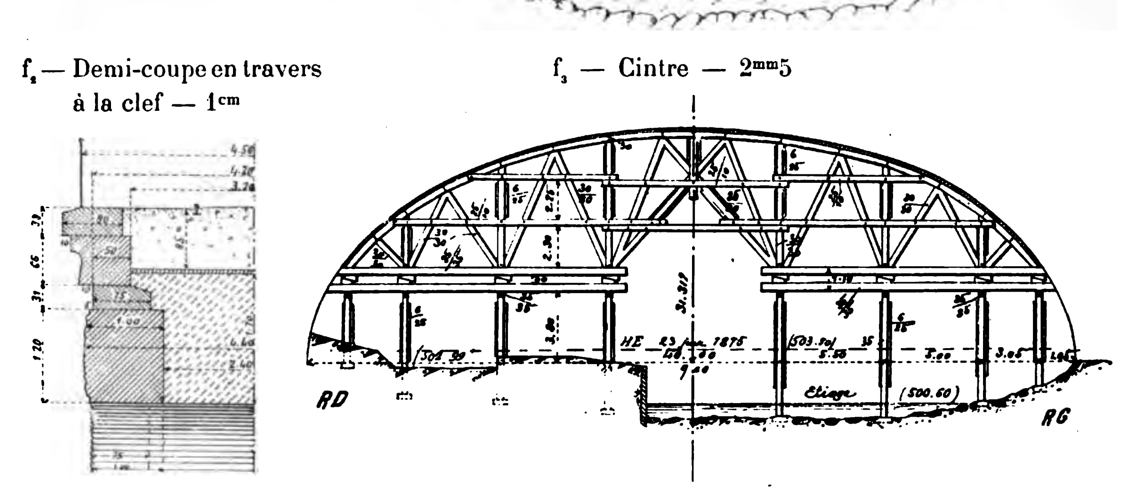
Pour exécuter en eau tranquille les 4 palées de rive gauche, on établit à l'aval un barrage d'enrochements ; puis, pour prévenir les affouillements, on enrocha tout le lit de la Pique sous le cintre (S_2).

f_1 — Élévation aval — 2^{mm}



f_2 — Demi-coupe en travers à la clef — 1^{cm}

f_3 — Cintre — $2^{mm}5$



3. Construction de la voûte *(octobre 1871 - mars 1872).* — Le premier rouleau avait une épaisseur moyenne uniforme, celle de l'ouvrage à la clef. Le second a complété l'épaisseur aux reins.

Le 16 janvier 1872, les têtes sont clavées, les voussoirs du corps étant en retard d'une vingtaine de cours.

Le premier rouleau est clavé le 26 janvier 1872 ; le second, le 4 mars.

On décintra le 3 avril 1872.

4. Ingénieurs. — en chef : M. Decomble ; — ordinaire : M. Schellinx.

SOURCES :

S_1. — Collection de dessins dressés par le Service Constructeur après achèvement de la ligne de Montréjeau à Bagnères-de-Luchon.

S_2. — Note sur l'exécution, de M. le Conducteur Laurans (mai 1872).

PONT SUR LE VERDON, PRÈS DE LA MURE[1] *(BASSES-ALPES)*

Ligne de Saint-André à Puget-Théniers, — voie de 1m[2].

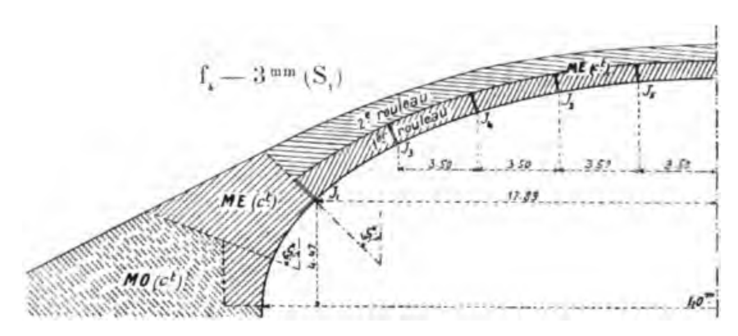
1905–1906 **E**[1] F^r (≥ 40m)2

Φ_1 - aval (S''_2)[3]



1. Exécution de la voûte. — Le 1er rouleau a été exécuté en quatre attaques (f_4) : en J_1 sans coffrages, en J_2 sur taquets, au droit d'un poteau du cintre. On a ménagé des joints secs au droit de chaque poteau (J_3, J_4, J_5).

Il a été commencé le 15 juin 1906, clavé le 5 juillet, fort retardé par le manque de matériaux.



Tous les joints ont été matés au refus dans l'ordre suivant : clef, J_2, J_5, J_4, J_1, J_3 (du 5 au 9 juillet 1906).

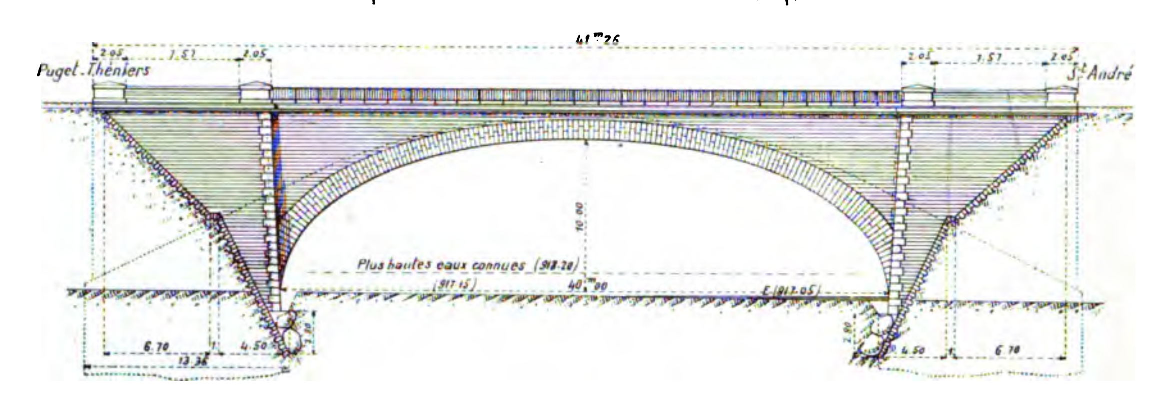
On n'avait pas posé à sec la première file du premier rouleau, à partir du lit J_1, mais la deuxième. Quand le premier rouleau a été achevé, et avant le matage de ses joints secs, la première assise s'est ouverte à l'extrados et comprimée à l'intrados. Au-dessous, le cintre était détaché de la voûte, et, comme on l'a observé au décintrement, le sable des boîtes de rive avait fort peu tassé.

1. — A 1km4. vers Puget-Théniers, de la station de La Mure.

2. — Les ouvrages d'art sont construits et les ponts métalliques calculés, pour permettre de poser la voie normale.

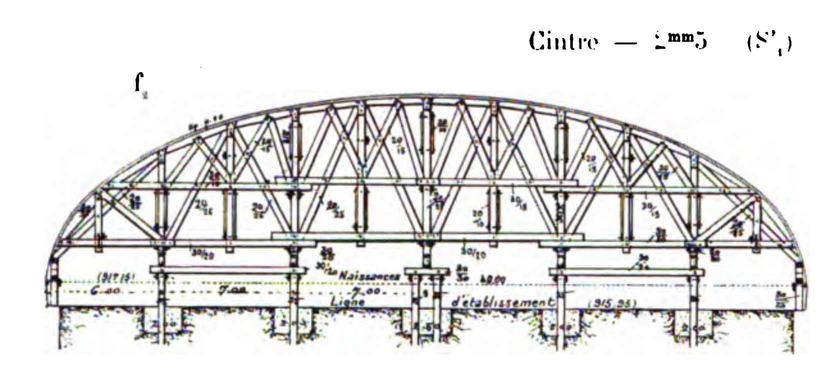
3. — Cliché de M. J. Giletta, Photographe à Nice.

f_1 — Élévation amont — 2mm (S'_1)

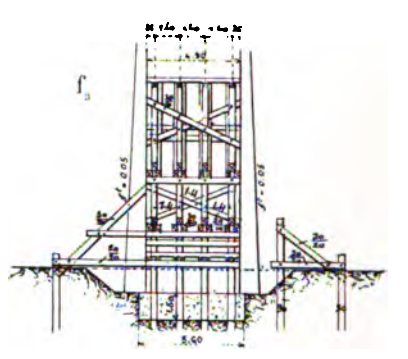


Cintre — 2mm5 (S'_1)

f_2



f_3

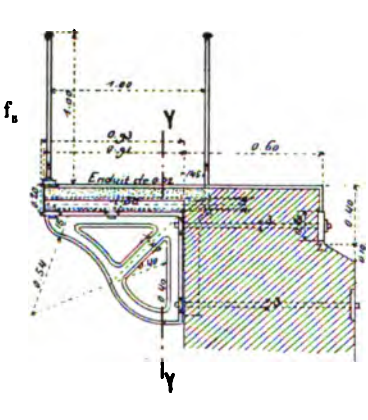


Passage pour piétons (Tête aval)

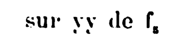
Coupes — 2cm (S'_2)

sur xx de f_6

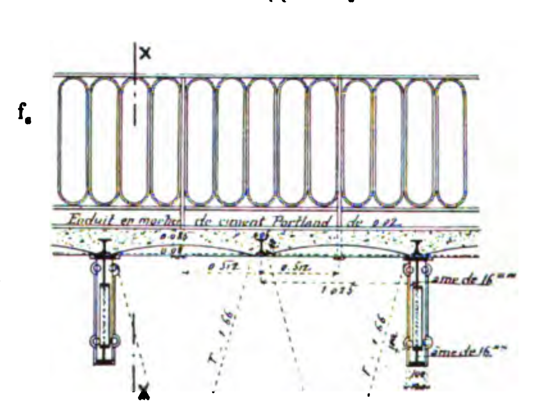
f_5



sur yy de f_5



f_6



2. Temps et coût des matages.	Surfaces matées	Heures passées au matage	Dépense
Joints de lit	63mq	»	»
Joints parallèles aux têtes	25	»	»
Ensemble	88mq	584h	262f91
Par m. q. de surface matée, en comptant les joints de lits seuls		9h3	4f19
En comptant la surface totale		6h6	3f

Au deuxième rouleau, en ne comptant que les joints de lits seuls, le temps est de 4h au lieu de 9h3, et la dépense de 1f65 au lieu de 4f19.

3. Dates d'exécution.

Commencement des travaux	29 mai 1905
Achèvement des fondations	14 octobre
Voûte — Commencement	15 avril 1906
Voûte — 1er rouleau	15 juin — 5 juillet
Voûte — Clavages	5 — 9 juillet
Voûte — 2e rouleau	16 juillet — 14 août
Achèvement de l'ouvrage	14 septembre
Décintrement	19 septembre

4. Personnel (S'''₂).

Ingénieurs :

en chef : *Projet et Travaux :* M. Zürcher.

ordinaire : *Projet :* M. Guignard ; *Travaux :* M. Guignard, puis M. Varvier.

Entrepreneurs : MM. Vitte et Allard.

SOURCES :

S₁. — Dessins d'exécution (S'₁), décompte (S''₁) et renseignements (S'''₁), gracieusement communiqués par M. Lemoine, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

S₂. — Dessins (S'₂), photographie (S''₂) et renseignements (S'''₂), qu'a bien voulu m'adresser M. Domergue, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

(Ce dont la source n'est pas spécifiée est de S'''₁).

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS ROUTE

Série E^{n} r^{te} ($\geqslant$ 40^{m})

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage* 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage 2	ENSEMBLE Largeurs entre parapets *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados 3	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances* 4	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée* 5	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en kg/$\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
de **Londres** *(London Bridge)* 1824–1831 **E^n r^te** (⩾ 40m)1 *5 voûtes en ellipse : 1 centrale de 46m328, 2 intermédiaires de 42m671, 2 de rive de 39m623.*	*306m32* » 14m	19m812 *17m069* Pas de fruit 0m99	*Voûte centrale* Ellipse **46m328** *11m532* $\frac{1}{4,017}$ = 0,249 *46m52* *3m71* *Voûtes intermédiaires* Ellipses **42m671** *11m333* $\frac{1}{3,765}$ = 0,266 *40m156* *6m018*	1m537 *2m60*	1m537 *2m60*	Bandeaux et Douelle : PT [1] Granit Queutage : PT [1] Grès »		1° Dalles sur 7 murs longitudinaux 2° »
de l' **Alma** à **Paris** 1854–1855 **E^n r^te** (⩾ 40m)2 *3 voûtes en ellipse à 1/5 : 1 centrale de 43m00, 2 de rive de 38m50.*	*139m* » 9m00	20m00 *20m60* Pas de fruit 0m45	*Voûte centrale* Ellipse **43m00** *8m60* $\frac{1}{5}$ = 0,20 *53m75* *3m44*	1m50 *d'abord :* *2m70* *réduite à :* *1m70*	1m30 *1m90* *aux naissances de la voussure*	Bandeaux : PT [1] Douelle : Meulière piquée Queutage : MOV [1] grossièrement lités Meulière *Ciment de Vassy 1mc*		1° 7 voûtes longitudinales en arc, de 2m1 à 2m95, sur murs de 0m35 2° *Voussure en corne de vach*

1. — Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE E^n r^te (⩾ 40^m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS: Nature du sol / Profondeur sous l'étiage / Pressions sur le sol en kg : 0m01² / Procédé (10)	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES: Type / Matière / Appareils de décintrement (11)	Nombre / Épaisseur / Écartement d'axe en axe / Surhaussement (12)	Cube de bois, Poids de fer, Dépenses — Totaux (13)	par mq de douelle[2] (14)	MODE DE CONSTRUCTION (15)	DÉCINTREMENT: État d'avancement du pont / Temps entre le dernier clavage et le décintrement / Date (16)	TASSEMENTS DE LA CLEF: sur cintre t_c / au décintrement t'_v / après t''_v (17)	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q / DÉPENSE D — Totaux et par unité { de surface utile S_p[3] / de volume « utile » W[4] (18)
	Voûte centrale							
Argile	Retroussé sur 13m50	» 36cm »					t'_v = 63mm	*Pont de 1831* D = 15 917 454f D : S_p = 3186f,7 D : W = 255f,9
»	»							
»	»							*y compris l'élargissement de 1904* D = 17 177 454f D : S_p = 2830f,4 D : W = 227f,3
Plateforme sur pilotis								
	Voûte centrale							
Piles *Argile à lignites* » » *Caisson foncé sur pilotis de 32c × 32c espacés de 1m*	Retroussé sur 11m80 (marinier)	11 30cm 2m06				Tympans et chaussée achevés	» $t'_v + t''_v$ 133 jours après le décintrement	D = 2 075 760f D : S_p = 746f7 D : W = 58f3
Culée R G *Sable et rognons de tuf* − 0m30 »	»					» 29 octobre	tassement propre : amont 56mm aval 78mm	
Épuisements Culée R D » *Pilotis*	»						abaissement total : amont 341mm aval 520mm	

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — A. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — B.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT	PROJET							
	ENSEMBLE		GRANDES VOÛTES					
Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage* 1	*Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage 2	Largeurs entre parapets / *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados 3	INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef,* *aux naissances* 4	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée* 5	ÉPAISSEURS TÊTES Clef *Reins* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en $kg/\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
de **Mantes** *France* Reconstruction de 1873–1875 **E**ⁿ r^te (⩾ 40m)³ *3 voûtes en anse de panier à 11 centres : 1 centrale de 40m, 2 de rive de 36m50 à $\frac{1}{3,34}$*	*136m90* 11m	10m *10m80* Pas de fruit »	*Voûte centrale* Anse de panier à 11 centres **40m,00** *11m 42* $\frac{1}{3,5} = 0,286$ *35m03* »	1m,60 *3m,50*	1m,64 »	Bandeaux et Douelle : PT [1] de Tessancourt et Saillancourt. Queutage : Meulière *Portland Lonquéty de Boulogne*		1° Voûtes transversales cachées de 5m en arc de cercle. 2° »
de **Verdun sur-le-Doubs** *France* 1895-1897 **E**ⁿ r^te (⩾ 40m)⁴ *3 voûtes en ellipse : 1 centrale de 41m, 2 de rive de 38m50 à $\frac{1}{4,52}$*	*146m* 11m	6m *5m92* Pas de fruit 0m42	*Voûte centrale* Ellipse **41m,00** *9m 17* $\frac{1}{4,471} = 0,224$ *45m96* *4m10*	1m,20 *2m,10*	1m,20 *2m10*	Bandeaux et Douelle : MAV [1] Calcaire de Ruoms. Queutage : MEV [1] Calcaire de Remigny *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600k*	Pression moyenne Clef : 13k5 milieu de la montée : 9k3 *Méry* Surcharge de 600k par mq	1° Voûtes transversales vues en plein cintre de 2m32 7 par pile, 6 sur les culées 2° »
de l' **Empereur François à Prague** *Bohême* 1898–1901 **E**ⁿ r^te (⩾ 40m)⁵ *1 voûte en anse de panier de 42m34, entre une en anse de panier de 38m50 à $\frac{1}{4,83}$ et une en arc de 27m89 à $\frac{1}{7,3}$.* *7 autres voûtes.*	*343m45* Dos d'âne. Aux rives 25mm et 22mm2 16m40	16m *16m40* Pas de fruit 0m40	*Plus grande voûte* Anse de panier à 7 centres **42m,34** *8m 55* $\frac{1}{4,95} = 0,202$ *69m28* *4m296*	1m,44 *2m,20*	1m,44 *2m00*	PT [1] Granit. *Ciment — 0mc333*	Pression max. / min. Clef : 40k7 / 23k8 Joint de rupture : 32k8 / 18k Surcharge de 520k par mq : sur le 1/3 de la portée, — sur la moitié, — sur toute la portée.	1° Pas d'évidement 2° *Voussure en corne de vache*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $E^n r^{te}$ (≥ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

FONDATIONS Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg. $\overline{0^m01^2}$ *Procédé* 10	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement 11	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement* 12	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux 13	 par mq de douelle [2] 14	MODE DE CONSTRUCTION 15	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date 16	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v 17	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D** Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4] 18
Piles Poudingue -5m à — 6m » *Béton immergé* —— Culées *Celles de l'ancien pont, fondées sur pilotis.*	*Voûte centrale* Retroussé sur 16m (marinier) *Sapin et chêne* Boîtes à sable	6 *30cm* 1m92 *30mm*				Tympans achevés *26 jours* 6 novembre	t'_v = 4 à 5mm	Reconstruction de 1873-75 **D = 900000f** D : S_p = 657f4 D : W = 29f9
Piles *Argile* — 6m18 Pression moyenne 3k6 *...r comprimé* Culées *Argile* » Pression moyenne 2k9 *Pilotis. Têtes noyées dans du béton chargés à 30T ou plus.*	*Voûte centrale* Retroussé sur 9m (marinier) Poteaux et Contrefiches *Sapin Semelles en chêne* Boîtes à sable	4 *25cm* 1m80	*Pour les 3 cintres:* 414mc 10169k 22600f	 0mc47 11k5 25f5	*Voûte centrale* 2 rouleaux A chaque rouleau : 6 tronçons 7 clavages	Voûtes d'évidement maçonnées. Tympans non exécutés *48 jours* 7 octobre	t'_v amont 19mm aval 24mm $t'_v + t''_v$ = 34mm quelques jours après le décintrement	(Fondations / Élévation / Ensemble) Q: 866mc / 3136mc / 4002mc Q : S_p: 0mc99 / 3mc58 / 4mc57 Q : W: 0mc08 / 0mc29 / 0mc37 D: 65023f / 130161f / 195184f D : S_p: 74f2 / 148f6 / 222f8 D : W: 6f1 / 12f1 / 18f2 D : Q: 75f1 / 41f5 / 48f8
Piles *Schiste* ..m à - 10m55 *...r comprimé* - - Culées *Sable* » *Pilotis jusqu'au rocher. Têtes noyées dans du béton.* - Pressions : maxima 9k8 minima 1k1	*Plus grande voûte* Retroussé sur 10m50 et 8m50 » Boîtes à sable	10 *30cm* 1m73 *120mm*			*Plus grande voûte* 2 rouleaux 8 tronçons Tous les voussoirs posés à sec, puis matés	Voûte nue *8 jours* 9 décembre	t_c = 66mm t'_v = 21mm	**Q = 30080mc** Q : S_p = 5mc47 Q : W = 0mc61 **D = 4138690f** D : S_p = 753f1 D : W = 83f7 D : Q = 137f5

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE: Longueur *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs { entre parapets / *entre tympans* *sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDES VOÛTES — INTRADOS { Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure* : { *à la clef*, *aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS { Clef / *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES { Clef / *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMEN[T] DES TYMPANS 2° *DÉCORATIO[N] DES TÊTE[S]*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Valence** *France* 1901-1905 En rte (≥ 40m)[6] *4 voûtes : 2, centrales, égales, 2, de rive, égales.*	*284m 35* [profil] 15m 37	{ 8m80 / *8m 60* Pas de fruit 0m 55	*Voûtes de rive* au cerveau, Arc de cercle. aux reins, Parabole osculatrice 49m,20 *10m 58* $\frac{1}{4,65}$ = 0,215 [*50m* / *5m 40*	{ 1m,60 / *1m 90*	{ 1m,10 / *1m 81*	Bandeaux : PT[1] Calcaire de Ruoms et du Pouzin Douelle : MAV[1] Calcaire de Ruoms et du Pouzin Queutage : MEV[1] Calcaire de Crussol et Variza *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600k*	Pressions (max. / moy.) Clef 27k9 / 18k8 Reins 30k6 / 17k9 Naissances fictives de la fibre neutre 16k5 / 10k *Arc élastique* *Méthode analytique de M. Résal*	1° 3 voûtes longitudinal[es] en plein cint[re] 2 de 1m75, une (centra[le]) de 2m sur murs de 0m95
			Voûtes centrales au cerveau, Arc de cercle. aux reins, Parabole osculatrice. 49m,20 *12m 30* $\frac{1}{4}$ = 0,25 [*50m* / *8m 70*	{ 1m,60 / *1m 90*	{ 1m,10 / *1m 85*	— id —	Pressions (max. / moy.) Clef 32k1 / 18k4 Reins 32k1 / 16k Naissances fictives de la fibre neutre 10k7 / 8k8 *Arc élastique* *Méthode analytique de M. Résal*	2° *Archivolt[e]* *Voussure* *(Arc de tê[te] de 50m de portée)*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $E^{n} r^{te}$ (⩾40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE *(Suite)*

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q — DÉPENSE D — Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] { de volume « utile » W [4].
FONDATIONS	GRANDES VOÛTES							
	CINTRES				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses					
ature du sol / Profondeur ous l'étiage / Pressions sur le sol n kg/0m01² / *Procédé*	Type / *Matière* / Appareils de décintrement	Nombre / *Épaisseur* / Ecartement d'axe en axe / *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont / *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* / Date	sur cintre t_c / au décintrement t'_v / après t''_v	
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Voûte 1 (rive droite)							
Piles / *larne bleue compacte us graviers rès mobiles* / Profondeur us l'étiage / - 14m56 / - 12m28 / - 11m79	Fixe / 4 appuis / *Métal* / Boîtes à sable	6 / » / 1m66 / *60mm*	Pieux 116mc0 / Sapin 81 0 / Chêne 11 4 / Bois 208mc4 / Fer 4996k / Acier 81791k / Métal 86787k / Dep. 56351f	0mc,44 / 183k,5 / 119f,1	A partir de 42° de la clef : 3 rouleaux / Au 1er rouleau : 8 tronçons 21 clavages / Aux 2e et 3e roul. 6 tronçons	» / *292 jours* / 8 août	t_c = 50mm / t'_v = 20mm / t''_v = 10mm	Q = 19242mc / Q : S_p = 7mc69 / Q : W = 1mc05
	Voûte 4 (rive gauche)							
encastrement ns la Marne / 0m71 / 1m53 / 1m53	On a réemployé le cintre de la voûte 1	6 / » / 1m66 / *50mm*	Pieux 66mc4 / Sapin 68 0 / Chêne 7 2 / Bois 141mc6 / Fer 3770k / Acier 81791k / Métal 85561k / Dép. 16429f	0mc,30 / 180k9 / 34f,7	A partir de 52° de la clef : 3 rouleaux / Au 1er rouleau : 6 tronçons 13 clavages / Aux 2e et 3e roul. 4 tronçons	» / *29 jours* / 14 mars	t_c = 41mm / t'_v = 33mm / t''_v = 4mm	
	Voûte 2 (centrale rive droite)							
Pression moyenne : / Pile ntrale 5k8 / Piles érales 6k5 / *r comprimé*	Fixe / 4 appuis / *Métal* / Boîtes à sable	6 / » / 1m66 / *100mm*	Pieux 54mc4 / Sapin 71 1 / Chêne 11 4 / Bois 136mc9 / Fer 3974k / Acier 96977k / Métal 100951k / Dép. 56874f	0mc,28 / 209k,6 / 118f,1	A partir de 53° de la clef : 3 rouleaux / Au 1er rouleau : 10 tronçons 21 clavages / Aux 2e et 3e roul. 6 tronçons	» / *505 jours* / 26 février	t_c = 91mm / t'_v = 33mm / t''_v = 29mm	
	Voûte 3 (centrale rive gauche)							
Culées / *Gravier* / - 5m15 / - 6m85 / Pression maxima 8k7 / *comprimé*	Retroussé / *Métal* / Boîtes à sable	7 / » / 1m33 / *85mm*	Pieux 57mc5 / Sapin 73 1 / Chêne 5 0 / Bois 135mc6 / Fer 1979k / Acier 179649k / Métal 181628k / Dép. 91256f	0mc,28 / 377k,1 / 189f5	A partir de 42° de la clef : 3 rouleaux / Au 1er rouleau : 6 tronçons 15 clavages / Aux 2e et 3e roul. 4 tronçons	» / *39 jours* / 26 mars	t_c = 97mm / t'_v = 3mm / t''_v = 23mm	
	Pour les 4 voûtes :		Bois 623mc0 / Métal 375452k / Dép. 219759f					

	Fondations	Élévation	Ensemble
D [5]	399435f [6]	834308f	1233743f
D : S_p	159f6	333f4	493f0
D : W	21f9	45f7	67f6
D : Q	»	»	64f1

5. — Non compris les dépenses en régie.

6. — Les fondations sont comptées à partir de 1m sous l'étiage.

ur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE: *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	PROJET — ENSEMBLE: Largeurs { entre parapets / *entre tympans* *sous la plinthe* Fruit des tympans Revanche de la chaussée sur l'extrados	GRANDES VOÛTES: INTRADOS Portée / *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure :* { *à la clef,* / *aux naissances*	GRANDES VOÛTES: ÉPAISSEURS — CORPS Clef / *Milieu de la montée*	GRANDES VOÛTES: ÉPAISSEURS — TÊTES Clef / *Reins*	GRANDES VOÛTES: MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	GRANDES VOÛTES: PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Voûte centrale				
Edouard VII à **Kew** *Angleterre* 1901-1903 $\mathbf{E}^{n}$ r[te] (≥ 40m)[7] *3 voûtes en ellipse :* *1 centrale de 40m537,* *2 de rive de 35m508* *à* $\frac{1}{5,42}$	*457m 20* 25mm / 25mm 12m	{ 16m764 / *17m 60* Pas de fruit »	Ellipse { 40m,537 / *7m 467* $\frac{1}{5,428} = 0,184$ { *55m 019* / *2m 75*	{ 1m,219 / *1m 9*		Bandeaux et Douelle : PT [1] Granit Refends et bossages Voussoirs de toute l'épaisseur de la voûte *Ciment*		1° 11 voûtes longitudinal[es] en arc 2° *Écussons dans les tympan[s] au-dessus des piles*

[1] ... sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.

SÉRIE $E^n r^{te}$ (≥ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg $\overline{0^m01}^2$ *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Piles *Argile de Londres* 4m88 sous le lit 1m79 dans l'argile 2k7 (grand empatement) *Épuisements dans des batardeaux en pieux jointifs* *Béton coulé à sec*	*Voûte centrale* Retroussé sur 22m86 *Acier* Boîtes à sable rectangulaires Pistons en fonte Coins aux appuis extrêmes	11 » 1m715	Poids approximatif d'une ferme : Voûtes : centrale 23T de rive 16T Fermes montées en 3 tronçons		Par 6 assises, un joint sec sur petits coins en bois, fermé au mortier après clavage à la clef Les 3 voûtes construites en même temps en 7 mois			16000 tonnes de granit D = 6 300 000f environ y compris les viaducs d'accès.

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.



VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n r^{te} ($\geqslant$ 40m)

MONOGRAPHIES

PONT DE LONDRES " *LONDON BRIDGE* "

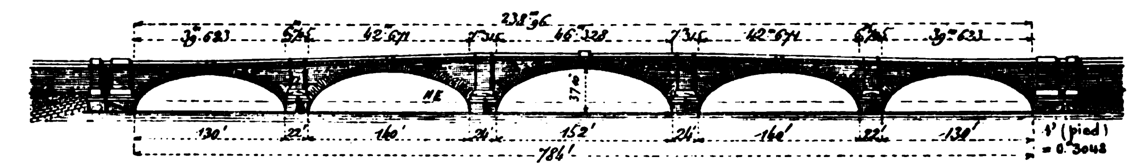
SUR LA TAMISE

1824-1831 E^n r^{te} ($\geqslant$ 40m) 1

1. Historique (S_1). — Au commencement du XIXe siècle, le vieux pont " *Old London Bridge* ", construit au XIIe, ne suffisait plus à la circulation.

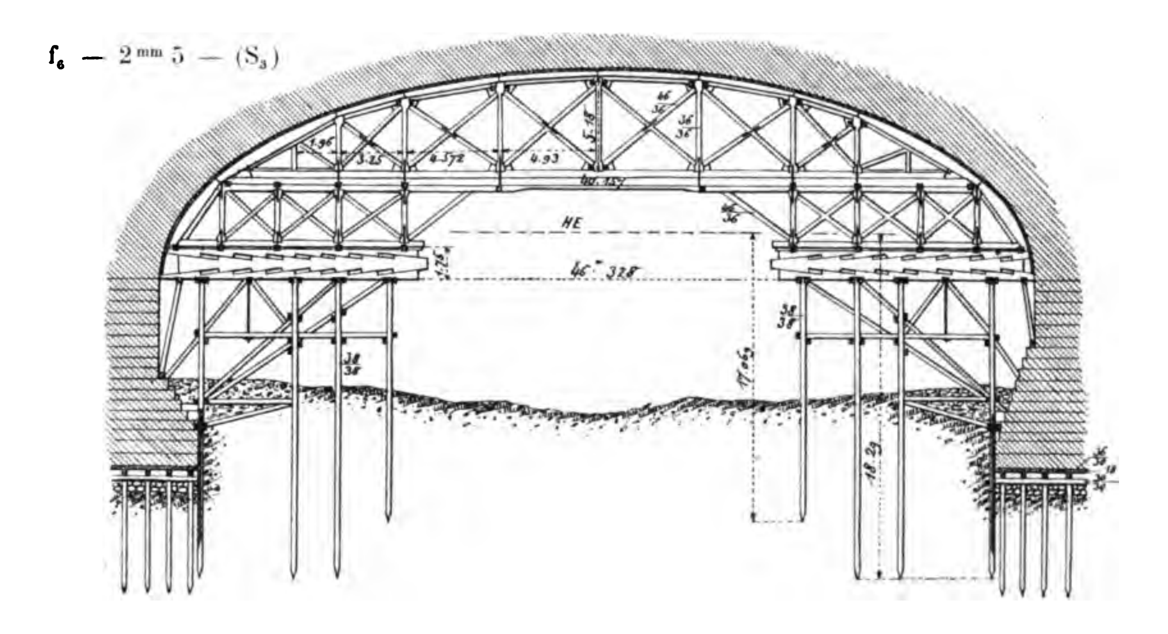
Le Parlement n'osa pas accepter l'arche en fonte de 600 pieds (182m88) proposée par Telford, et approuva, en 1823, le projet de Rennie. (f_1 à f_6)

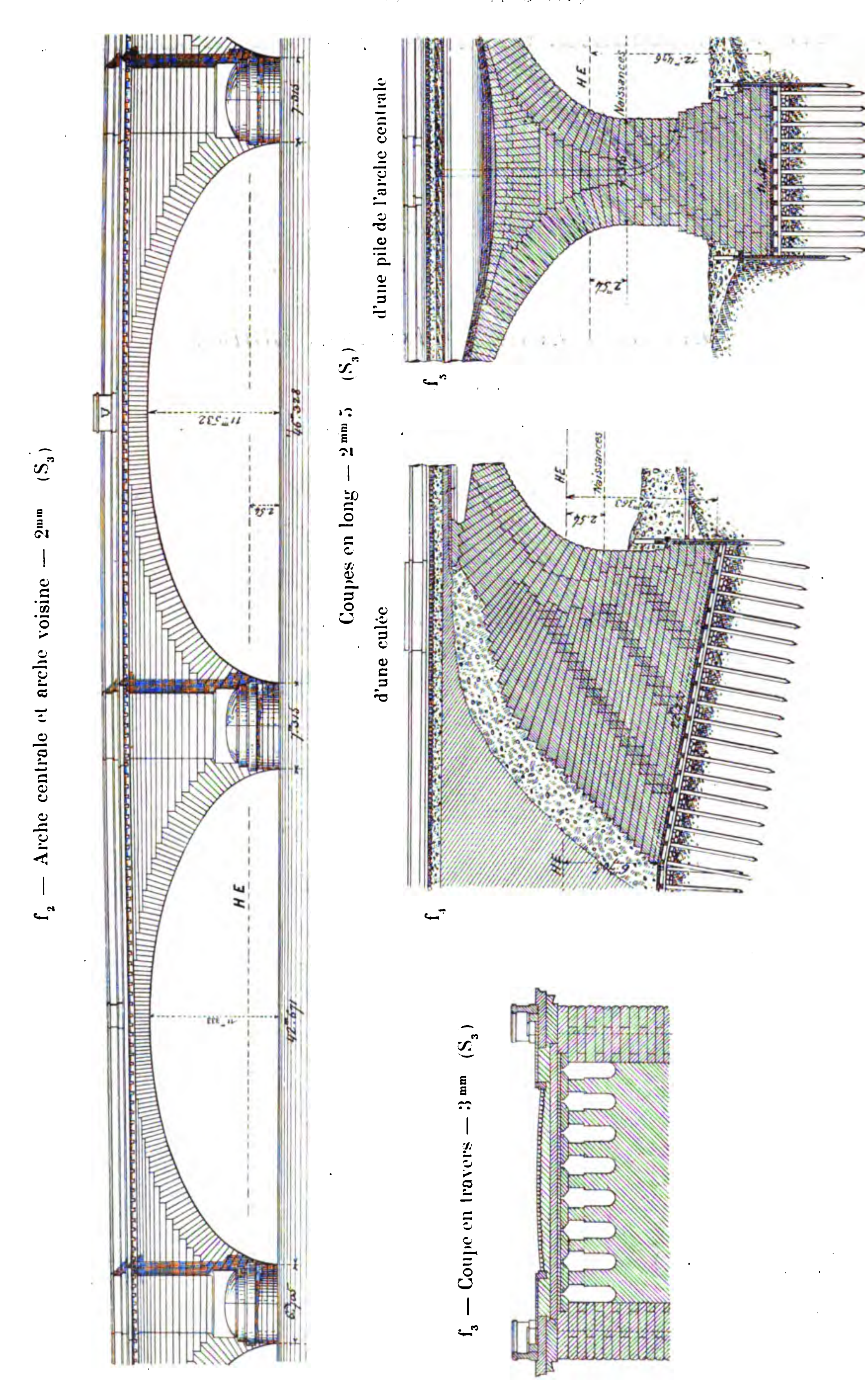
f_1 — Ensemble — 0mm 5 — (S_3)



2. Cintre de l'arche centrale.

f_6 — 2mm 5 — (S_3)





f2 — Arche centrale et arche voisine — 2mm (S3)

Coupes en long — 2mm 5 (S3)

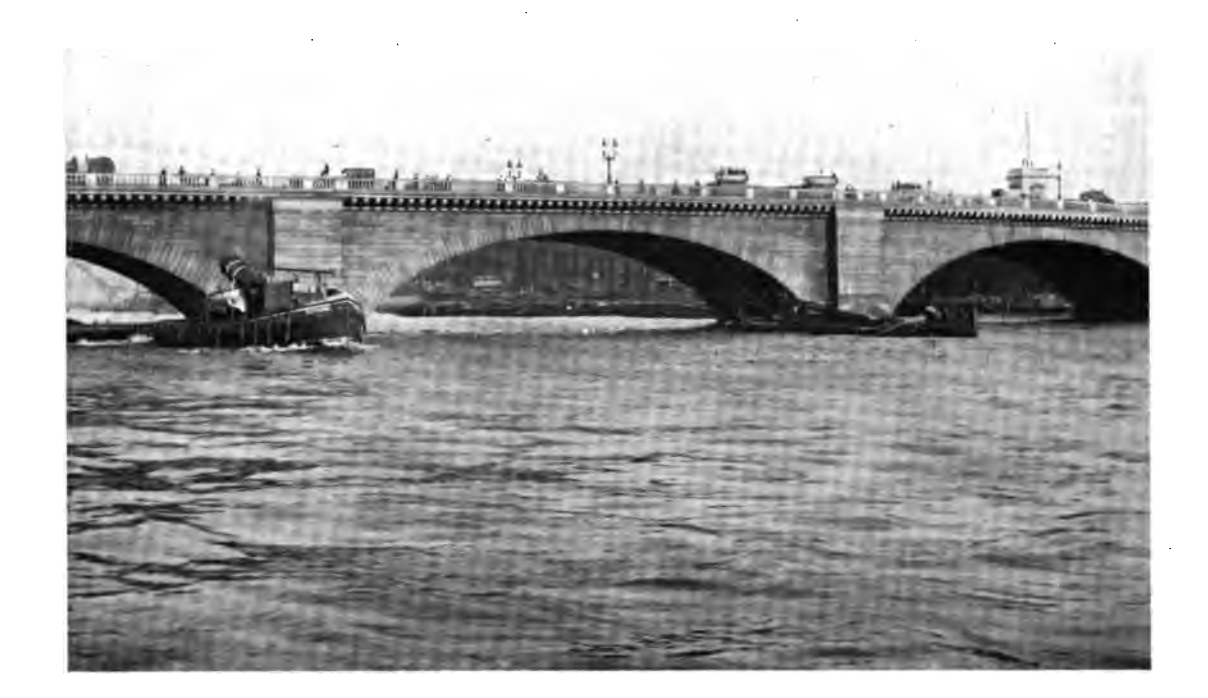
f4 d'une culée

f5 d'une pile de l'arche centrale

f3 — Coupe en travers — 3mm (S3)

Des coins permettaient de régler exactement la hauteur de chaque ferme (S_1).

Φ_1 (S_5)



3. Fondations (S_1). — Dans des batardeaux à trois enceintes, on dragua, puis on battit des pieux d'environ 6m. On noya leurs têtes dans une maçonnerie à ciment sur 0m30 : sur les chapeaux, on fixa, à angle droit, des traversines, — dessus une plate-forme, puis la maçonnerie, toute en pierre de taille.

La plate-forme et les pieux des culées sont inclinés. (f_4)

4. Elargissement du pont (S_2). — Le pont de Rennie avait des trottoirs de 2m896 : ils se sont trouvés insuffisants pour l'énorme circulation qui passe dessus[1].

1.

Dates des comptages	Nombre de piétons ayant traversé le pont en 24 heures
17 mars 1869	105.359
22 janvier 1889	111.873
25 juillet 1894	103.666
(Le Pont de la Tour a été ouvert à la circulation le 30 juin 1894).	
11 au 16 février 1901	109.836 (moyenne de 5 jours).

21

De 1902 à 1904, on l'élargit comme suit :

		Pont primitif (avant l'élargissement)	Etat actuel (après l'élargissement)	Augmentation
Largeur	de la chaussée : l_1	10 m 515	10 m 668	0 m 153
	d'un trottoir : l_2	2 m 896	4 m 572	1 m 676
	totale entre parapets : $L = l_1 + 2l_2$	16 m 307	19 m 812	3 m 505
Surface offerte à la circulation : $L \times 306^m 324$		4995 mq	6069 mq	1074 mq

Φ_2 (S_5)

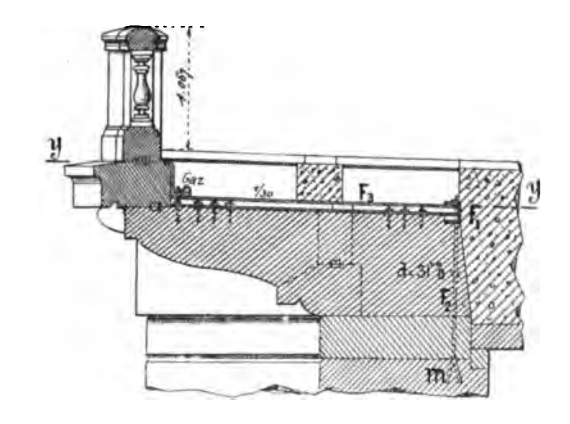


Le pont de Rennie avait un parapet plein et une plinthe sur modillons. Maintenant, une balustrade court sur de grands corbeaux de granit ainsi ancrés (f_7, f_8) :

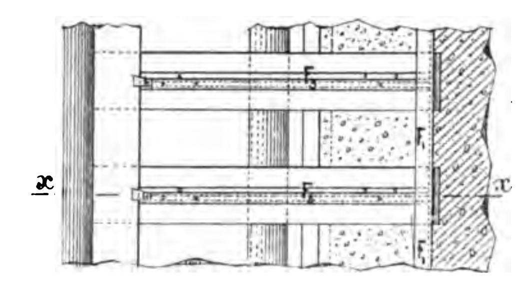
Un fer longitudinal en ⊐ F_1 passe sur leur queue ; il est retenu par des fers ronds F_2, dont l'about *m* s'épanouit dans le mur du tympan.

Le dessus des corbeaux est raidi par des fers F_3 pris sous F_2.

f_7 — Coupe sur xx de f_8 — 1cm5 (S_2)



f_8 — Coupe sur yy de f_7 — 1cm5 (S_2)



Aux essais, des corbeaux ne se rompirent qu'à 12 fois l'effort maximum à supporter.

L'élargissement du pont a élevé de 5^k à 6^k5 la pression sur la fondation.

5. Dépenses.

A. Pont de Rennie. — *(mars 1824-août 1831.)*	en £.	en Fr. 25 f. 20 = 1 £
a. — Pont proprement dit	631.545	15.917.454
b. — Abords	57.000	1.436.400
c. — Frais supplémentaires	46.000	1.159.200
Total pour le pont et ses abords : $D_1 = a + b + c$	734.645	18.513.054
d. — Achats de terrain	692.000	17.438.400
Dépense totale : $D_2 = D_1 + d$	1.426.645 £	35.951.454 f

B. Elargissement. — *(avril 1902-mars 1904.)*		
a'. — Elargissement proprement dit	50.000	1.260.000
b'. — Passerelles provisoires	36.000	907.200
c'. — Eclairage	1.500	37.800
d'. — Nettoyage et divers	4.500	113.400
Dépense totale : $D' = a' + b' + c' + d'$	92.000 £	2.318.400 f

La dépense par m. q. de surface offerte à la circulation est :

	En ne comptant que les ouvrages proprement dits	Tout compris
Pont de Rennie....................	$\frac{a}{4.995}$ = 3.186f 67	$\frac{D_2}{4.995}$ = 7.197f 48
Pont actuel..........................	$\frac{a+a'}{6.069}$ = 2.830f 35	$\frac{D_2+D'}{6.069}$ = 6.305f 79
Elargissement.....................	$\frac{a'}{1.074}$ = 1.173f 18	$\frac{D'}{1.074}$ = 2.158f 65

6. Ingénieurs.

Pont { *Projet :* Sir John Rennie (mort en 1822).
Exécution : George et John Rennie, ses fils.

Elargissement { *Architecte :* Andrew Murray.
Ingénieur : G. E. W. Cruttwell.

SOURCES :

S_1. — Engineering, 18 janvier 1895, p. 75 et 76 : " *Thames Bridges — London Bridge* " James Dredge.

S_2. — Institution of Civil Engineers.— Minutes of Proceedings, 1904-05, IIIe Partie, p. 290 à 309, Pl. 6 et 7 : " *The widening of London Bridge* ", William Bartholomew Cole.

S_3. — Edw. Cresy : " *A practical treatise on bridge building* " Pl. 1 à 7. — Londres 1839.

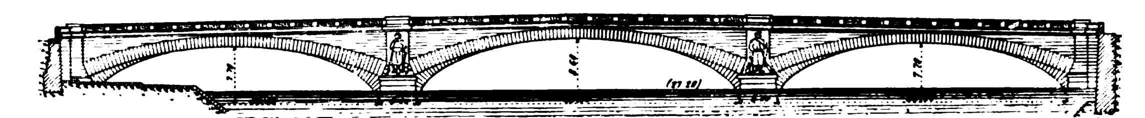
S_4. — Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 2e Partie : " *Der Brückenbau* " 1er vol. p. 355. — M. Mehrtens, Leipzig 1904.

S_5. — Ce que j'ai vu — juin 1906.

PONT DE L'ALMA, sur la seine, a PARIS

1854-1855 E^n r^{te} ($\geqslant 40^m$)2

f_1 — Ensemble — 1^{mm}



1. Niveau des naissances. — Au projet, les naissances des trois arches étaient à 0^m65 au-dessus de l'étiage (S'_1).

Φ_1 (S'_n)



Mais le pont s'est enfoncé de 0^m36[1] en moyenne ; puis, le barrage de Suresnes a relevé l'étiage de 2^m27 (S_3), noyant les naissances de 1^m98 : l'intrados n'apparaît plus comme une ellipse, mais comme un arc (Φ_1, f_1, f_2).

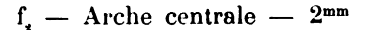
1. — Voir plus loin, nº 7 : Mouvements après décintrement.

La crue de janvier 1910 a aveuglé les arches de rive et, presque, l'arche centrale (Φ_2).

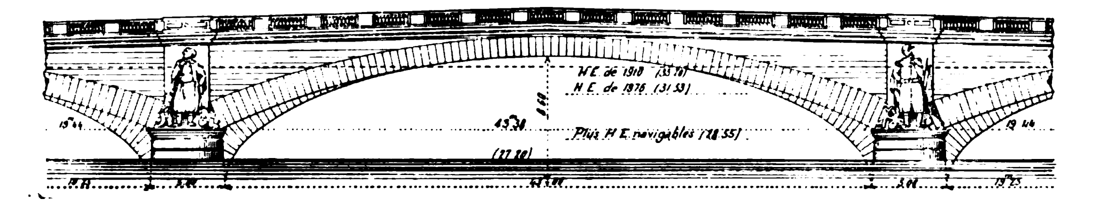
Φ_2 (S''_6)



2. Voussures (f_3, f_4). — Les voûtes sont échancrées aux têtes par des voussures en corne de vache (S'_1).



f_2 — Arche centrale — 2^{mm}



Soient (f_3) :

α', l'ellipse, section droite de la douelle ;

β', l'arc d'intrados du bandeau dans le plan de tête AD.

On coupe la douelle par le plan vertical AC.

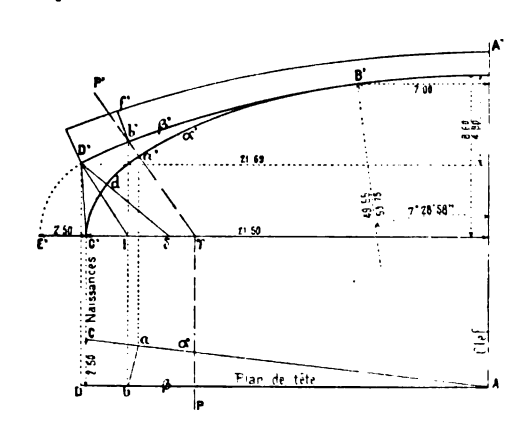
Un plan P'γP, mené par une génératrice et par une normale à la douelle, coupe en *aa'* l'ellipse $\alpha\alpha'$, en *bb'* l'arc de tête $\beta\beta'$.

La voussure est le lieu de la droite *ab, a'b'*.

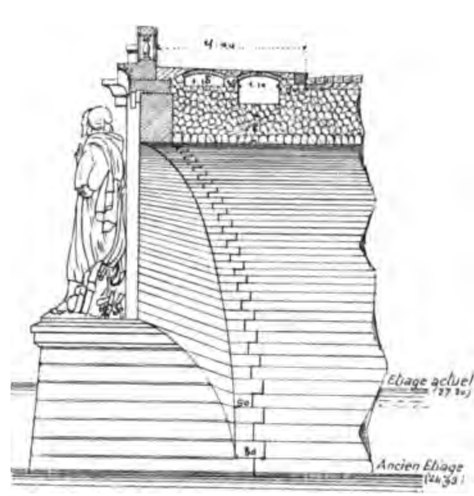
C'est ainsi que Perronet avait défini la voussure de Neuilly[2].

Pour la prolonger au-delà de la normale δ D' de la retombée, on continue β' par l'arc de cercle D'E' dont le centre I est sur la ligne des naissances.

f_3 — Génération de la voussure — $2^{mm}5$



f_4 — Coupe en travers à la clef de l'arche centrale — 5^{mm}

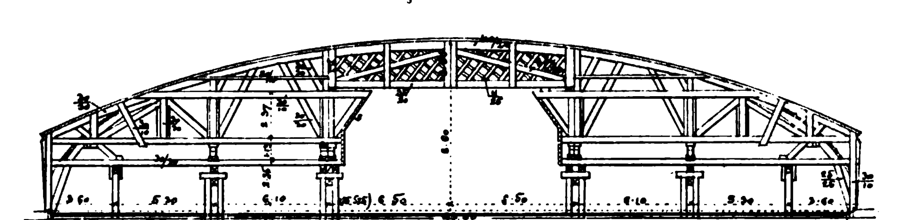


Les joints des bandeaux sont normaux à l'intrados β', ceux de la voussure suivent la génératrice $a'b'$: les surfaces de joints sont gauches.

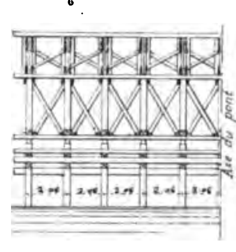
Comme dans tous les ponts à voussure, celle-ci est dans l'ombre, et on ne voit guère que le bandeau. De loin, c'est un pont en arc, renforcé aux reins (S_6).

3. Cintre de l'arche centrale (S'_1).

f_5 — $2^{mm}5$



f_6 — $2^{mm}5$



4. Fondations (S'_1 S_2). — Les deux piles ont été fondées dans un caisson foncé, amené par flottage sur la tête de pieux battus dans l'argile à lignites, après dragage à 4^m50 (rive gauche) et 4^m (rive droite) sous l'étiage (S'_1), puis recépés à 1^m sous l'étiage (S_1)[3]. Les maçonneries faites, on a démonté les parois latérales du caisson.

2. — Perronet : « *Description des Projets et de la Construction des Ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans et autres.....* » Tome Ier, Paris, Imprimerie royale MDCCLXXXII, p. 3.

3. — C'est le mode de fondation appliqué par de Voglie au pont de Saumur, en 1757. (M. de Dartein. — *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle.* Vol. II. *Ponts Français du XVIIIe siècle. — Centre de la France*, p. 69, 70).

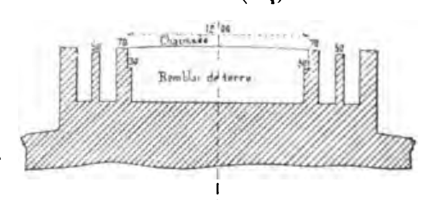
Les pieux étaient battus par un mouton de 750^k à 1000^k, tombant, à la fin du battage, de 4^m en moyenne, à un refus moyen de 40^mm par volée de 10 coups. Leurs têtes ont été maintenues par des enrochements régalés à la main sous la cloche à plongeur, puis maçonnés au ciment à la surface.

5. Exécution des voûtes (S_2). — On exécuta, du 22 juillet au 13 août 1855, les voûtes sur 14^m de largeur, pour livrer le plus tôt possible le pont à la circulation ; puis, les têtes, qu'on acheva le 14 septembre.

6. Décintrement. — On commença le décintrement le 29 octobre 1855, soit six semaines après (S_2) : les voitures passaient sur la chaussée depuis deux mois et demi (S"$_1$).

La coupe en travers était alors celle-ci (f_7) :

f_7 - Coupe en travers au décintrement
2^mm — (S'$_1$)



Du 29 octobre au 4 novembre, on abaissa les cintres successivement de 15 à 20^mm toutes les 24 heures, jusqu'à 100^mm (S_2).

Le 5 novembre, on mesurait sur la tête aval les tassements suivants (S_2) :

Culée R. D.	Abaissement du cintre R. D.	Pile R. D.	Abaissement de l'arche centrale	Pile R. G.	Abaissement du cintre R. G.	Culée R. G.
0^mm	91^mm	104^mm	100^mm	80^mm	77^mm	21^mm

La pile gauche, à 6^m de la tête amont, était traversée par une fissure de 2^mm de largeur à 2^m au-dessus de l'étiage, se réduisant à 0^mm5 à 2^m plus haut ; elle « *correspondait à peu près au point où les remblais de la chaussée donnaient un* « *excès de charge par rapport aux têtes qui sont évidées par des galeries* » (S_2).

7. Mouvements après décintrement. — Le 11 novembre, l'abaissement général paraissait avoir augmenté de 5^mm ; la culée rive droite, qui n'avait pas tassé au décintrement, avait également baissé de 5^mm (S_2).

Pour soulager les pieux de fondation, on enleva les remblais supportant la chaussée (S"$_1$).

Le 9 décembre, les cintres étant enlevés, on constate les tassements suivants (S"$_1$) :

Culée R. D.	Pile R. D.	Pile R. G.	Culée R. G.
9^mm	125^mm	115^mm	38^mm

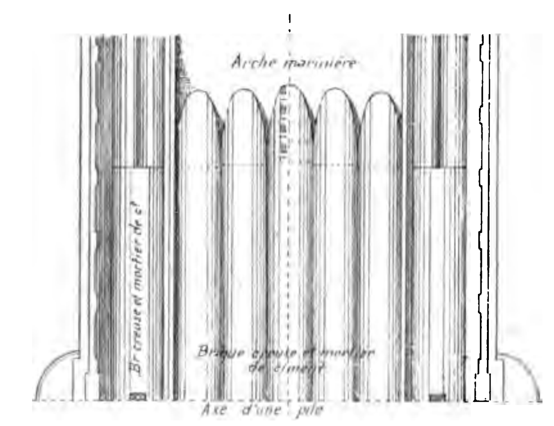
Le pont ne tasse plus jusqu'au 29 décembre (S"$_1$), bien qu'on eût commencé les murs des voûtes d'élégissement, et produit de fortes trépidations, en forant

à la vapeur, dans l'axe de chaque pile, 9 trous verticaux de 0m20 de diamètre intérieur, (7 dans le corps de la pile et 1 dans chaque bec), pour injecter, dans les enrochements entre les pieux, un coulis de ciment (S'_1, S''_1).

Les tubes traversaient le fond du caisson, et descendaient de 0m80 environ dans les enrochements.

Le 2 janvier 1856, « *il y a deux fissures à chaque pile ; les fissures de la pile* « *droite sont presque invisibles.* »[4]

f_8 — Plan des reins de l'arche centrale (*les maçonneries découvertes*) — 2mm5



Les voûtes longitudinales d'élégissement sont continuées jusqu'à la rencontre de leur douelle avec l'intrados des grandes voûtes (f_8), au lieu d'être arrêtées par un mur transversal.

Leurs piédroits achevés (S'_1), on injecta, par les tubes, un coulis au dosage de 3 volumes de chaux hydraulique et 2 volumes de Portland : 60mc le 12 février à la pile rive gauche ; 95mc le 21, à la pile rive droite (S_1).

Les vibrations produites par deux machines à vapeur, le poids des matériaux, firent descendre la pile rive droite, le 26 février, de 20mm.

A partir de cette date, les piles continuent à s'enfoncer.

Dates 1856	Abaissement moyen par jour		Travaux faits
	Pile R. D.	Pile R. G.	
Du 9 au 17 mars...	3mm2	2mm	On exécute les voûtes de décharge.
Du 17 au 24 mars...	2mm3	1mm4	Les voûtes de décharge sont terminées, la corniche posée.
Du 24 mars au 2 avril.	6mm8	5mm1	On répand une première couche d'empierrement ; le pont est livré à la circulation le 2 avril.
Du 2 au 5 avril ...	12mm	7mm	On achève l'empierrement.
Du 5 au 11 avril ...	8mm4	6mm	
Du 11 au 12 avril ...	5mm5	3mm	

Le 13 avril 1856, les tassements totaux depuis le décintrement, sont (S_4) :

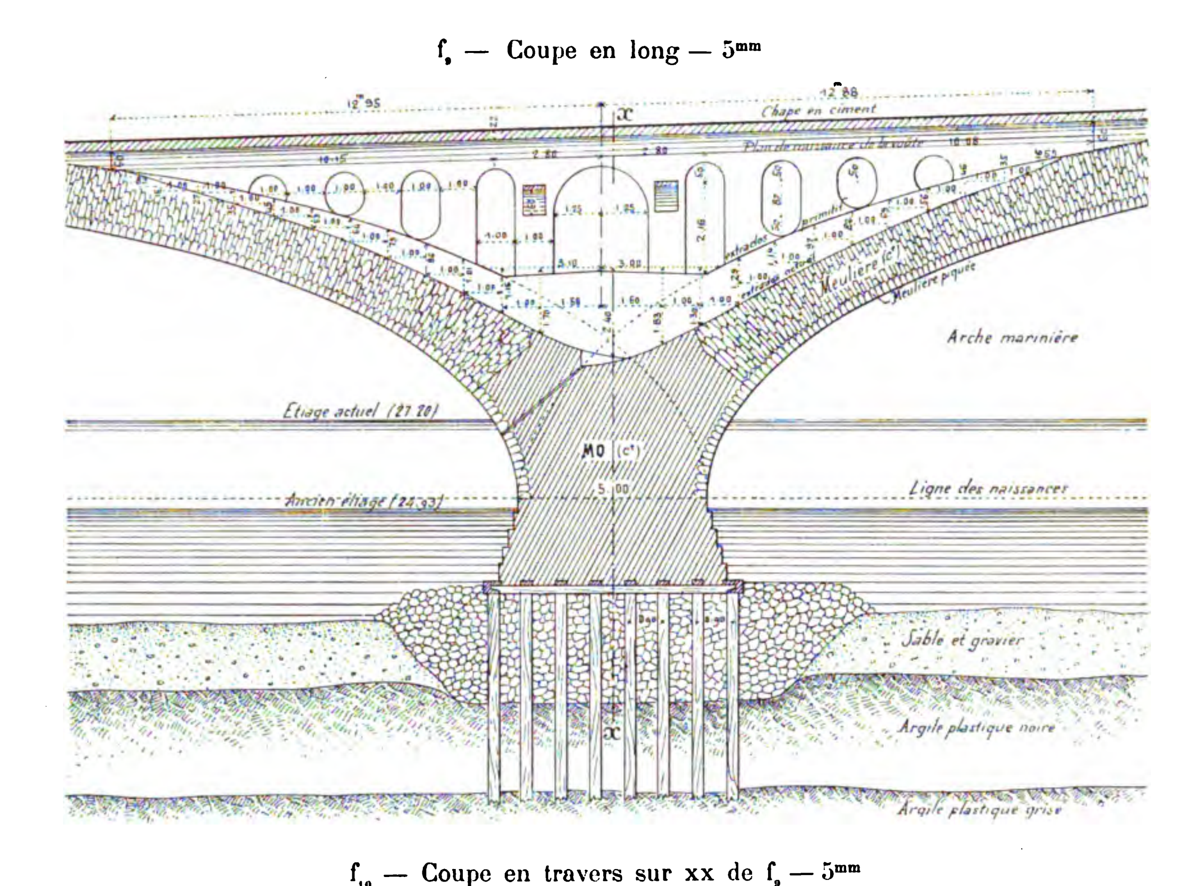
	Tassement des piles				Abaissement du sommet de la voûte centrale (y compris le tassement au décintrement)	Tassement propre de la voûte centrale
	R. G.	R. D.	Moyenne t_1		t_2	$t_2 - t_1$
Amont...	245mm	325mm	285mm	moyenne 363mm	341mm	56mm
Aval.....	370mm	515mm	442mm		520mm	78mm

4. — Observation de M. l'Ingénieur ordinaire Darcel, ajoutée sur S_4.

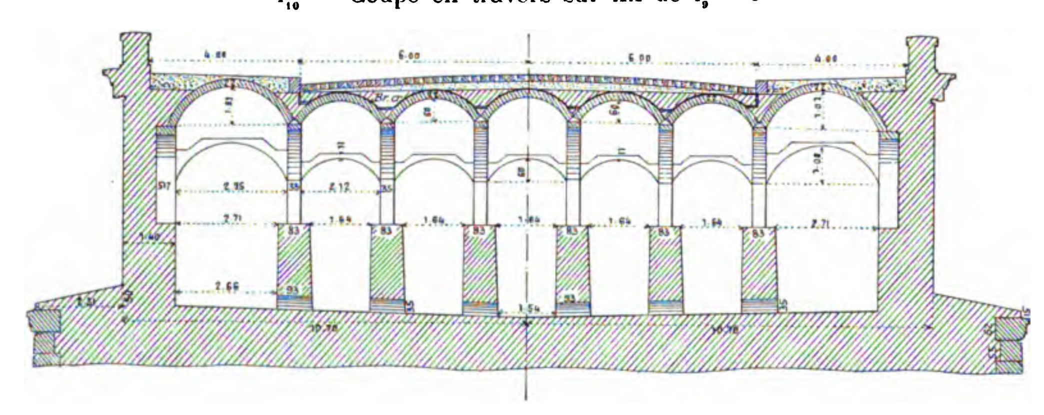
Le 30 avril 1856, une décision ministérielle prescrit, pour « *diminuer le plus* « *possible la charge que chacun des pieux doit supporter* », de déraser « *immédia-* « *tement* » les voûtes, en réduisant à 2^m l'épaisseur aux naissances, tout en les laissant intactes à la clef.

On conserva, sous chaque piédroit des voûtes de décharge, une bande de 0^m88 de largeur moyenne (S'_1) et, entre ces nervures conservées, on creusa de larges sillons dans la meulière des voûtes (f_9, f_{10}).

f_9 — Coupe en long — 5^{mm}



f_{10} — Coupe en travers sur xx de f_9 — 5^{mm}



Pendant ces travaux, une crue de 2^m90, qui avait soulagé les fondations de 382 tonnes, avait arrêté la descente du pont (S_4).

Les pieux de la pile rive gauche portaient, au décintrement, 40 tonnes ; après les élégissements, 32 tonnes (S_4).

8. Dépense.

A l'entreprise....................................	1.561.421^{f}63
Somme à valoir [5]................................	514.338^{f}35
Total [6]................	2.075.759^{f}98

9. Personnel.

Ingénieurs.

en chef : M. de Lagalisserie.

ordinaires : M. Darcel (jusqu'au 1er janvier 1856) ; puis M. Vaudrey.

Entrepreneurs : MM. Gariel et Garnuchot (S_2).

Les statues sont de MM. Arnaud et Diébolt (S_3).

5. — Pour les 4 statues, on a payé : au carrier, 24.000^{f}, aux sculpteurs, 74.000^{f}, en tout 98.000^{f}.

6. — Répartition, proposée par rapport du 26 février 1858, approuvée par la décision ministérielle du 9 avril 1858. — C'est le coût officiel définitif de l'ouvrage.

SOURCES :

S_1. — Archives du Service de la Navigation de la Seine et des Ponts de Paris, — qu'a bien voulu mettre à ma disposition M. l'Ingénieur Pigeaud,

en particulier :

S'_1. — Atlas « *Pont de l'Alma* » (n° 1553 de l'inventaire de l'Ingénieur ordinaire (Navigation de la Seine, 2e section, 1er arrondissement).

S''_1. — Note sur les tassements du pont de l'Alma, — M. Darcel, Ingénieur ordinaire.

S_2. — Rapport de M. Darcel, Ingénieur ordinaire, sur le Projet d'allègement des Voûtes et de consolidation des Piles du Pont de l'Alma, 15 novembre 1855 (Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées, Manuscrits, n° 1761 du Catalogue de 1886).

S_3. — Atlas des voies navigables de la France, 4e fascicule : *Navigation de la Seine, Traversée de Paris*, p. 31, Pl. VI et XXXI.

S_4. — Morandière, *Construction des Ponts*, p. 327 à 331, Pl. 69.

S_5. — Renseignements gracieusement donnés par M. l'Ingénieur Pigeaud.

S_6. — Ce que j'ai vu :

S'_6. — Été 1908 ;

S''_6. — Janvier 1910.

Les dessins f_2 et f_4 sont extraits de S'_1 et S_2 ; les autres, de S'_1

PONT SUR LE BRAS GAUCHE DE LA SEINE, A MANTES *(SEINE-ET-OISE)*

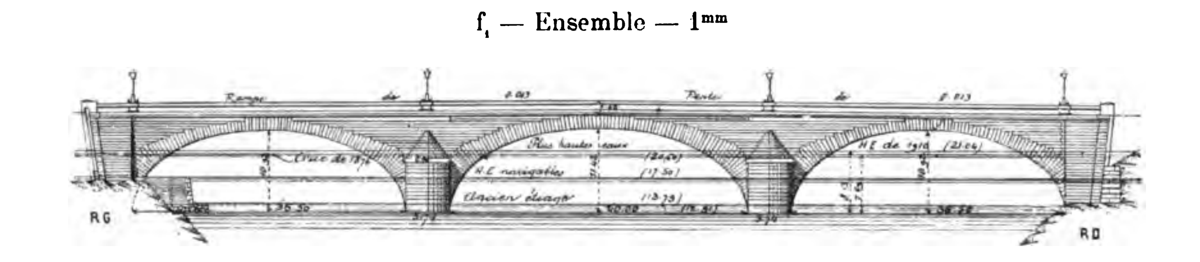
Route Nationale n° 13 de Paris à Cherbourg

Reconstruit en 1873–1875 E^n r^te (≥ 40^m)3

1. Ancien pont, construit en 1757-1765, détruit en 1870. — Le pont, commencé en 1757 par Hupeau[1], achevé en 1765 par Perronet[2], a été détruit par le Génie Français les 18-19 septembre 1870.

« *La pile gauche s'est fortement déversée, celle de droite a tassé de 2^m, brisant,* « *sans doute, les pieux trop faibles de sa fondation ; seules les culées et les naissances* « *des arches sont restées intactes...* »[3]

f_1 — Ensemble — 1^mm



2. Nouveau pont (1873-1875). — On a conservé les deux culées et reproduit les dispositions de l'ancien pont : intrados en anse de panier à 11 centres, extrados à crossettes (f_1, f_2), chaperons à gradins, avant-becs en ogive, arrière-becs en demi-cercle (f_3, f_4), corniche avec boudin et cavet (f_5), parapets en pierre de taille (f_5)...

1. — Hupeau, architecte, né à la fin du XVIIe siècle, ingénieur de la généralité de Riom en 1731, plus tard, de celle de Soissons ; en 1742, inspecteur des ponts et chaussées, en 1754, premier ingénieur, mort en 1763. Auteur du pont d'Orléans, des ponts de Joigny et de Cravant sur l'Yonne, de Montereau et de Mantes sur la Seine, et du pont biais de Trilport sur la Marne.

Tarbé de St-Hardouin. — *Notices biographiques sur les Ingénieurs des Ponts et Chaussées.* — Paris, Baudry, 1884, p. 26.

2. — Perronet : « *Description des Projets et de la Construction des Ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans et autres...* » Tome 1er, Paris, Imprimerie Royale, MDCCLXXXII, *Pont de Mantes*, p. 67 à 82, Pl. XX à XXVII.

p. 69 « *M. Hupeau, pour lors premier Ingénieur des Ponts et Chaussées, fut chargé, par feu* « *M. Trudaine père, de projeter et faire construire un nouveau Pont de pierre... Le pont fut adjugé, le* « *3 août 1756, à Michel Vignon, pour la somme de 612000 livres, et M. Hupeau en fit commencer la* *fondation en 1757.*

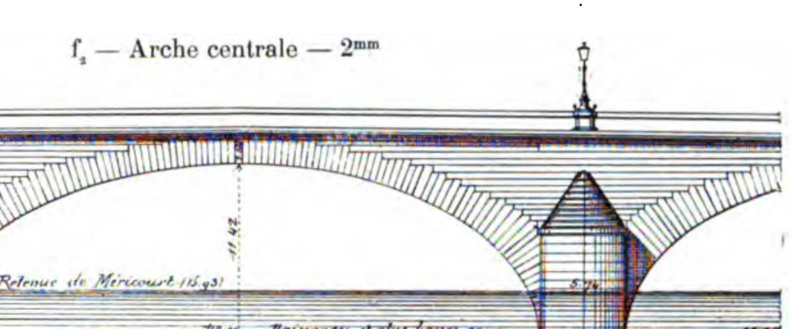
p. 70...

« *La fondation... a été continuée l'année suivante et élevée jusqu'au dessus du sixième cours de* « *voussoirs.*

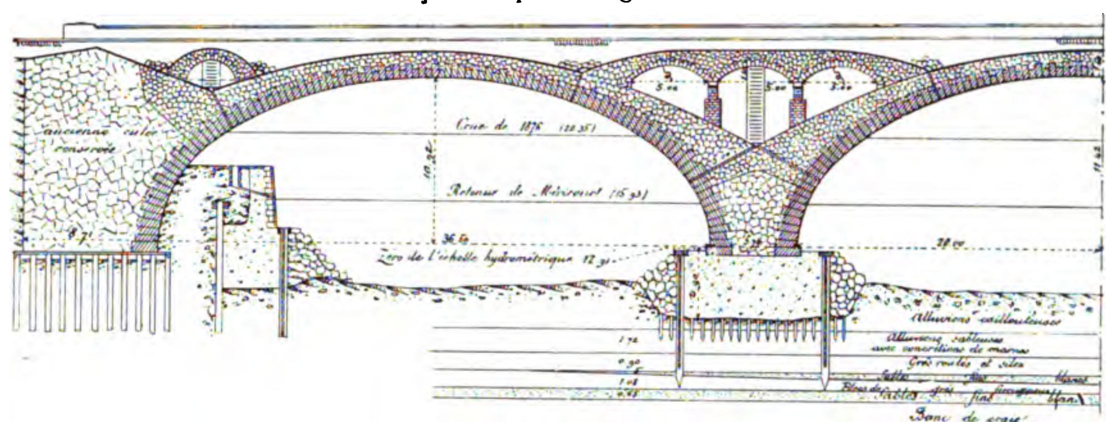
« *La guerre survenue... obligea d'en suspendre les travaux jusqu'à la paix, faite en 1763. M. Hupeau,* « *auquel nous avons succédé en qualité de premier Ingénieur, mourut dans cet intervalle de temps;...* »

3. Décision ministérielle du 20 septembre 1872, approuvant un avant-projet de reconstruction (S_1).

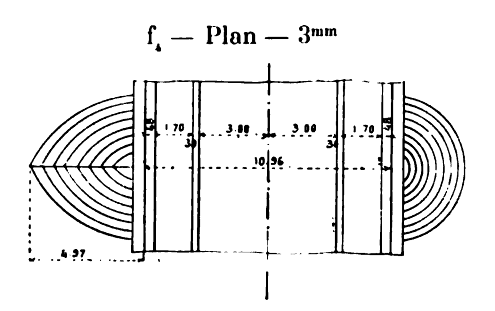
f_2 — Arche centrale — 2^{mm}



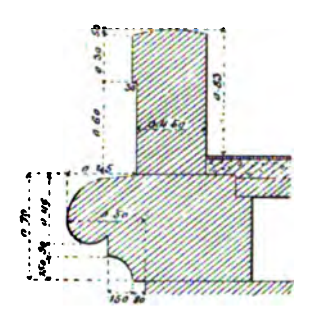
f_3 — Coupe en long — 2^{mm}



f_4 — Plan — 3^{mm}

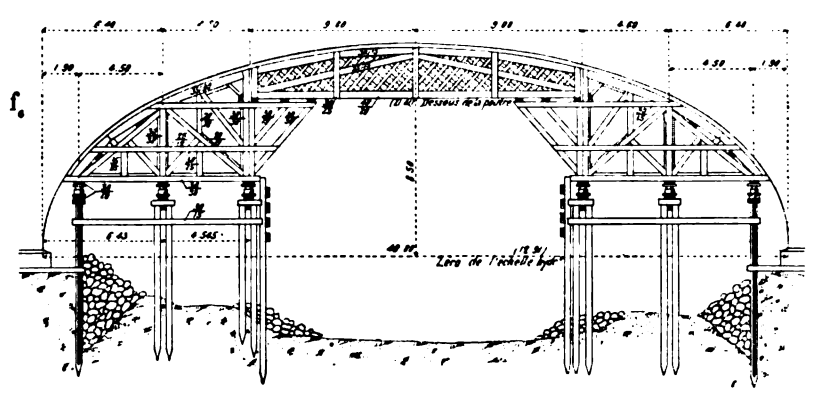


f_5
Couronnement
2^{cm} (S_2)

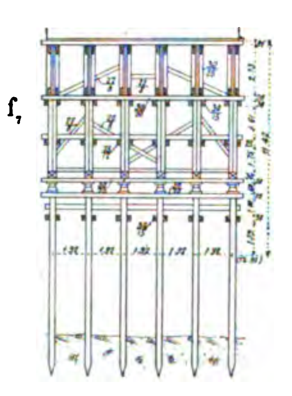


Cintre de l'arche centrale — $2^{mm}5$

f_6



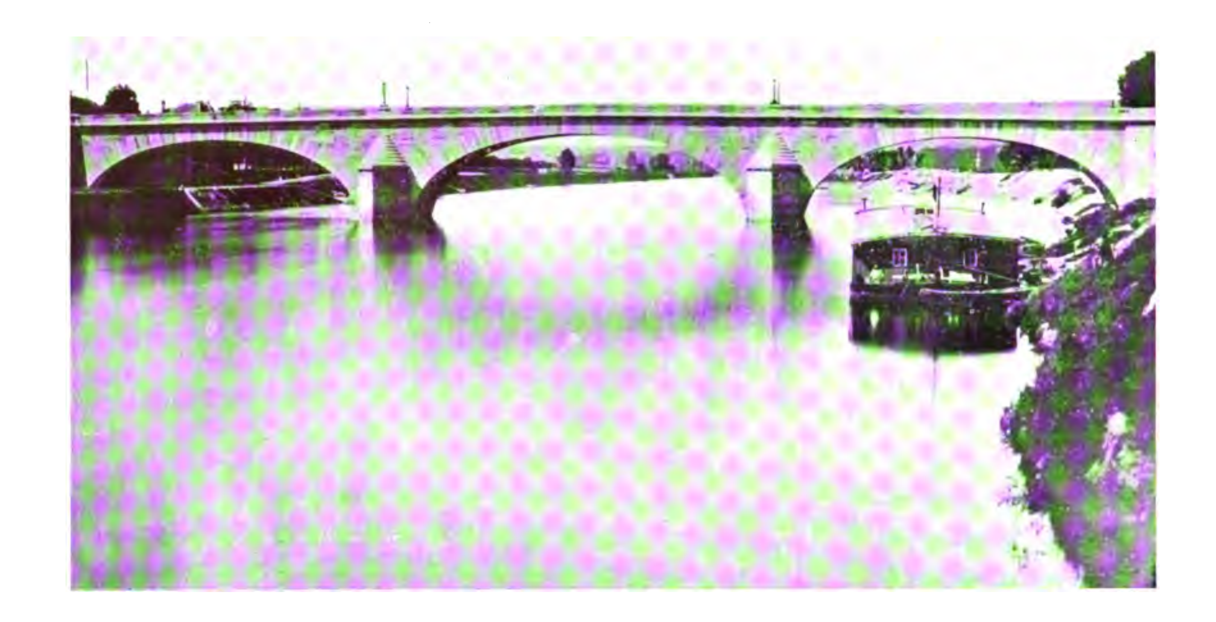
f_7



Voici les principales dimensions des deux ponts :

		Ancien Pont	Nouveau Pont
Portées	arches de rive.................	108 pieds = 35^m08	36^m50
	arche centrale.................	120 pieds = 38^m98	40^m
Epaisseur des piles au niveau des naissances.		24 pieds = 7^m80	5^m74

Φ_1 (S'''$_1$)



3. Cintre de l'arche de 40^m (Φ_2, f_6, f_7). — Les moises, la semelle intérieure de la poutre à treillis, et les contreventements, sont en sapin, le reste en chêne (S'$_1$).

4. Fondations des piles. — On dragua jusqu'à 5 et 6^m de profondeur, et on arracha ce qu'on put des anciens pieux (S'$_1$).

A la pile rive gauche (côté Mantes), beaucoup, qu'on ne put arracher, furent recépés au niveau du fond dragué (S$_1$).

Puis, on coula du béton à la caisse, par couches d'épaisseur décroissant de 1^m50 à 0^m60 :

853^{mc} à la pile rive gauche, dans une enceinte de pieux et palplanches en chêne (S''$_1$).

1072^{mc} à la pile rive droite, dans une enceinte de pieux jointifs (S''$_1$).

Le béton était au dosage d'un volume de mortier pour 2 de cailloux, le mortier, à 600^k de Portland de Boulogne[1].

1. — Rapport de M. l'Ingénieur Barabant, 12 mars 1874 (S$_1$).

On a doublé le poids du ciment dans les couches supérieures, pour les rendre étanches et poser à sec les socles (S_3).

Φ_4 (S'''_1)



5. Exécution des voûtes.

— Les derniers voussoirs, et peut-être d'autres, furent posés sur cales, puis fichés au mortier de ciment.[5]

Voici le surhaussement et le tassement des cintres (S''_1) :

	Surhaussement (en mm.)	Tassement (en mm.)
Arche rive gauche	40	60
Arche centrale	50	90
Arche rive droite	40	100

6. Décintrement (S''_1).

— Les trois voûtes restèrent sur cintre 39 jours, 57 jours et 26 jours.

Les cintres se détachèrent « *entièrement et régulièrement* » (S''_1), dès qu'on eut descendu le sable de 1^{cm}. Les voûtes tassèrent de 4 à 5^{mm} à la clef[6] ; les socles des

5. — Lettre de M. Barabant à M. l'Ingénieur en chef Grille, 18 septembre 1874 (S'_1).

6. — A l'ancien pont, le tassement total à partir de la pose de la clef jusqu'à 15 mois après le décintrement, avait été de :
à la voûte rive gauche, 7 pouces (189^{mm}) ; à la voûte centrale, 8 pouces 7 lignes (232^{mm}) ; à la voûte rive droite, 6 pouces 5 lignes (174^{mm}). — Perronet, *loc. cit.*, *renvoi 2*, p. 73.

piles et les culées ne tassèrent pas. Aucune fissure ne s'est produite aux reins des voûtes.

Le lendemain, on n'a pas constaté de tassement supplémentaire.

7. Dates de la reconstruction.

Commencement des travaux		14 novembre 1873
Piles. — Béton de fondation. — Rive gauche		18 décembre 1873 — 5 janvier 1874
	Rive droite	13 janvier — 3 février
Pose de la première pierre (S''₁). — Rive gauche		10 mars
	Rive droite	22 avril
Voûtes. — Commencement		Premiers jours de juillet 1874
Clavages (S''₁). — Arche rive droite		9 septembre
	Arche rive gauche	27 septembre
	Arche centrale	11 octobre
Décintrement — 6 novembre 1874 — Arche rive gauche		10 h. 1/2
	Arche rive droite	midi 1/2
	Arche centrale	1 h. 1/2
Achèvement		31 janvier 1875 [7]

8. Dépenses.[8]

Travaux à l'entreprise	463.573f64
Somme à valoir[9]	436.426f36
Total	900.000f [10]

9. Personnel (reconstruction de 1873-75).

Ingénieurs. — en chef : M. Grille. — ordinaire : M. Barabant.

Entrepreneurs : MM. Gautier Marc aîné et Jacob frères (S'''₁).

7. — Date inscrite sur un modèle en plâtre. — Galeries de l'Ecole des Ponts et Chaussées.

8. — Arrêtées par le Préfet de Seine-et-Oise, le 13 mai 1876.

9. — On a fait en régie : les fondations, les 6 premières assises des piles, le battage des pieux des cintres (S₁).

10. — Le premier pont avait été adjugé, en août 1756, pour 612.000 livres.

SOURCES :

S₁. — Pièces des Archives du Service ordinaire de Seine-et-Oise, arrondissement de l'Ouest, gracieusement mises à ma disposition par M. l'Ingénieur Le Gavrian ;

en particulier :

S'₁. — Dessins d'exécution.

S''₁. — Procès-verbal de décintrement rédigé par M. Barabant (7 novembre 1874).

S'''₁. — Photographies.

S₂. — Atlas des Voies navigables de la France, 2e série, 5e fascicule : « *Navigation de la « Seine entre Paris et la mer* », Paris. Imprimerie nationale, MDCCCXCIC, p. 35 et 36 : *Pont de Mantes*, Pl. XXII, fig. 34 et Pl. XXX.

S₃ — Exposition, Paris, 1878. — Notices, Travaux Publics, p. 1 à 4 : « *Pont de Mantes sur la Seine* ».

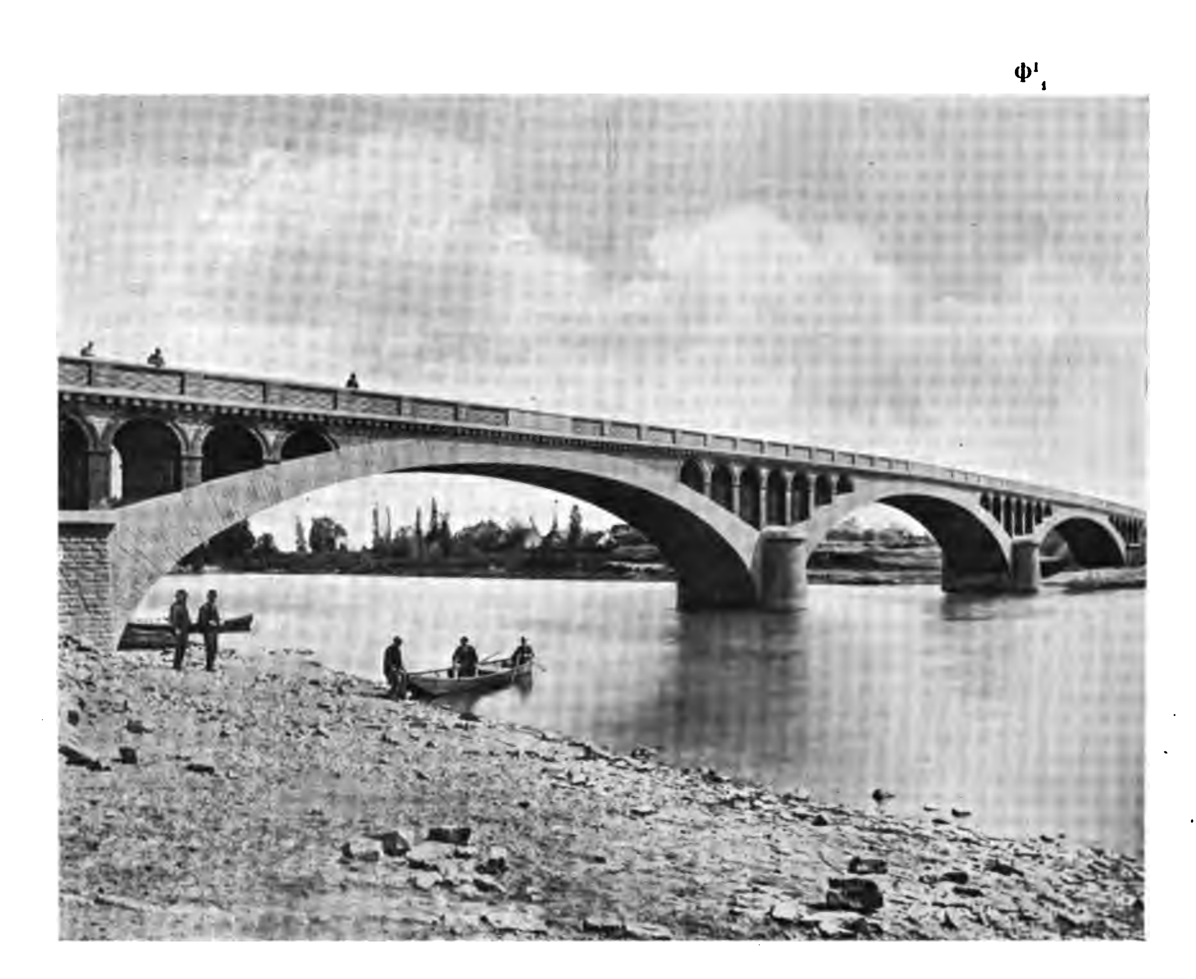
Tous les dessins, sauf S₂, sont extraits de S'₁.

PONT SUR LE DOUBS A VERDUN-SUR-LE-DOUBS (SAÔNE-ET-LOIRE)

Chemin d'intérêt commun n° 54

1895–1897 $\quad$ E^n r^{te} ($>$ 40m)[4]

Φ^1_1



1. Aspect (S_1). — L'extrados des grandes voûtes est en arc ; l'épaisseur croît brusquement aux reins, et y est un peu forte (Φ_1, f_1, f_2).

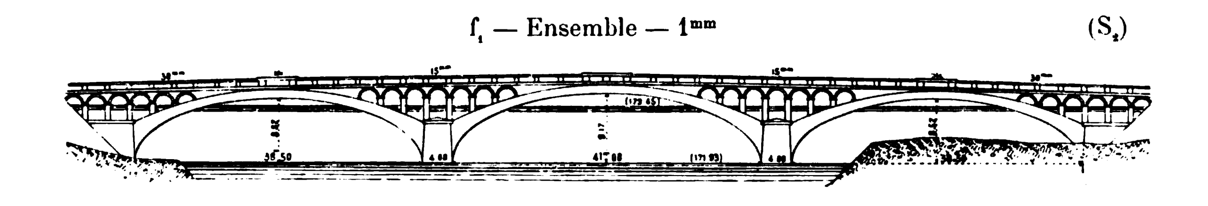
Les voûtes d'élégissement en briques se continuent sur les culées ; les dernières, du côté des terres, sont mal coupées par les quarts de cône ; celles voisines des clefs des demi-arches de rive semblent un peu trop aveuglées (f_1).

2. Parapet. — Le parapet en briques est en encorbellement sur modillons un peu gros pour la plinthe. Des feuillards, noyés dans quelques joints horizontaux, consolident les panneaux, qui n'ont que 0m11 d'épaisseur.

3. Construction des voûtes (S_1). — Le 26 septembre 1896, une crue de 6m jeta sur le cintre marinier une grosse souche, qui déversa la ferme amont. Au

1. — Photographie gracieusement donnée par M. Tourtay, Ingénieur en chef.

f1 — Ensemble — 1mm (S2)



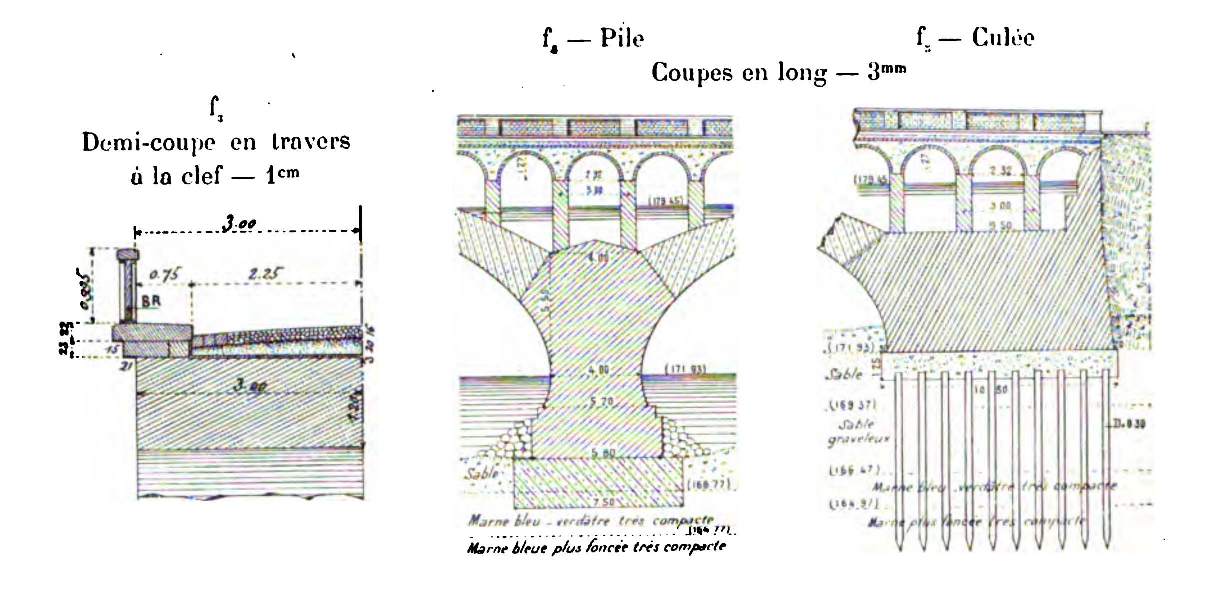
f2 — Arche centrale — 2mm

f4 — Pile f5 — Culée

Coupes en long — 3mm

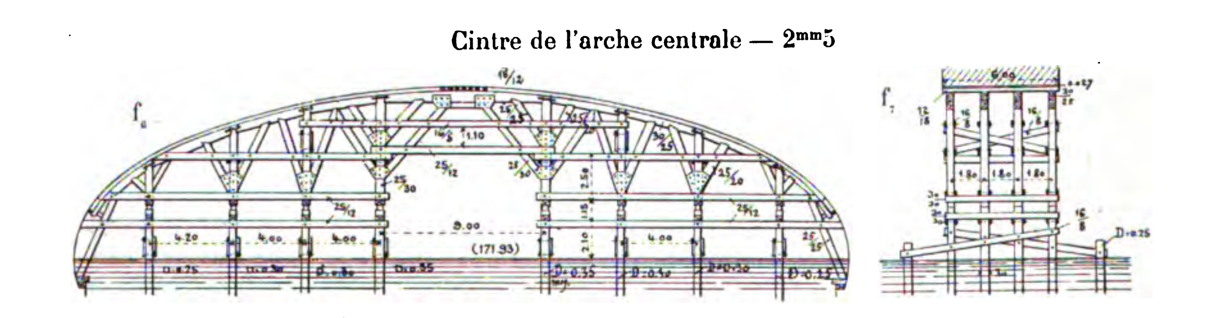
f3

Demi-coupe en travers à la clef — 1cm



Cintre de l'arche centrale — 2mm5

f6 f7



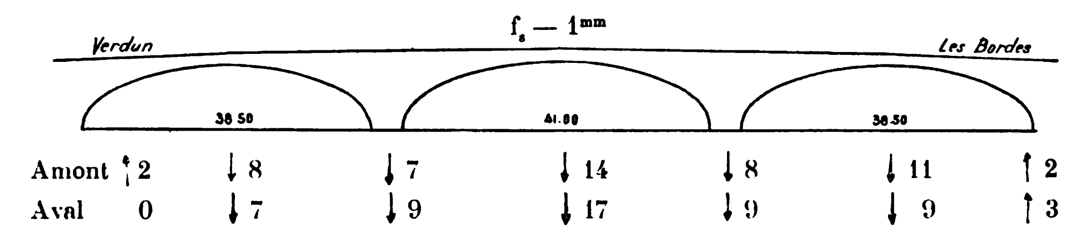
cintre de rive gauche, cette crue enleva 7 boîtes à sable et en décala 2 ; au cintre marinier, elle enleva 10 boîtes et en décala 11. Très heureusement, on avait placé, à côté de chaque boîte, un billot ayant, à quelques millimètres près, la même hauteur : les billots supportèrent les cintres, mais le décintrement dut alors commencer.

3. Dates (1896). Tassements (S_1).

		Voûte centrale	Voûtes de rive	
			Rive gauche	Rive droite
Achèvement	du 1ᵉʳ rouleau	6 août	17 juillet	6 août
	du 2ᵉ rouleau	20 août	4 août	5 septembre
Décintrement (avant l'exécution des tympans)		7 octobre	13 octobre	16 novembre
Temps laissé sur cintre depuis le clavage du 2ᵉ rouleau		48 jours	70 jours	71 jours
Tassement au décintrement	amont	19ᵐᵐ	14ᵐᵐ	19ᵐᵐ
	aval	24ᵐᵐ		
Tassement total après quelques jours		34ᵐᵐ		
Fissures à l'extrados des reins, observées au décintrement		2 fissures à peu près symétriques, d'environ 1ᵐᵐ.	1 seule du côté de la culée, de 1/4 de ᵐᵐ.	Pas de fissure au décintrement; mais, quelques jours après, 2 cassures presque imperceptibles.

4. Mouvements observés en 1909.

— Voici, en mm., les mouvements observés aux clefs et aux appuis, du 26 mai au 13 décembre 1909 :[2]



Amont	↑2	↓8	↓7	↓14	↓8	↓11	↑2
Aval	0	↓7	↓9	↓17	↓9	↓9	↑3

5. Personnel (S_1).

Ingénieurs : — en chef, M. Jozon ; — ordinaire, M. Labbaye.
Entrepreneurs : MM. Boyer et Antoine.

2. — Observations qu'a bien voulu faire faire, sur ma demande, M. Bouteloup, Ingénieur des Ponts et Chaussées, alors à Chalon-sur-Saône.

SOURCES :

S_1. — Annales des Ponts et Chaussées, 1897, 4ᵉ trimestre, p. 179 à 190, Pl. 31 et 32 : « *Note « sur la construction d'un pont-route sur le Doubs, à Verdun* », M. Labbaye, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

S_2. — Dessins d'exécution.

S_3. — Ce que j'ai vu — mai 1909.

PONT DE L'EMPEREUR FRANÇOIS SUR LA MOLDAU A PRAGUE

1898-1901 $E^n\ r^{te}\ (\geqslant 40^m)5$

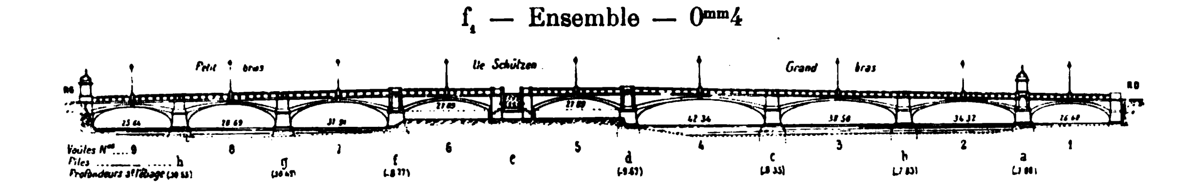
$\Phi_1 (S_1)$



1. Intrados et épaisseurs des voûtes.

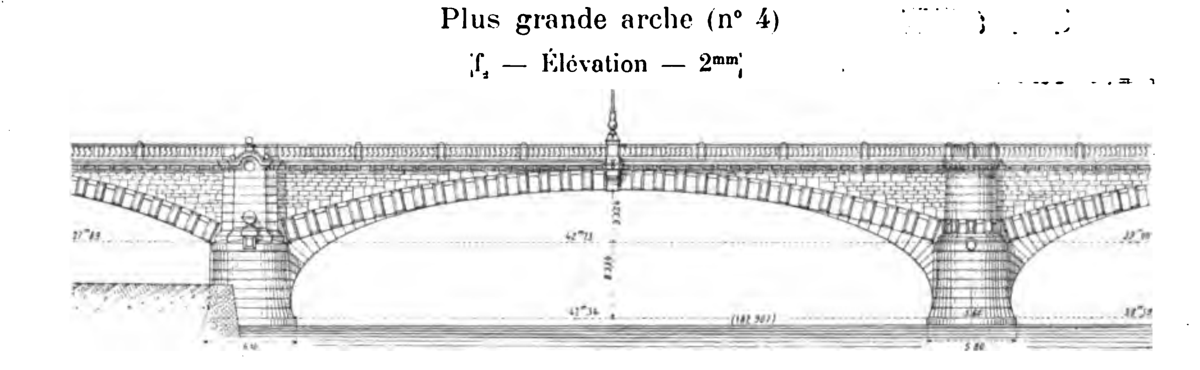
	Voûte n° (voir f_1)	2	3	4	7	8	9
Sur l'axe (anses de panier)	Portée	34^m32	38^m50	*42^m34*	31^m91	28^m69	25^m64
	Montée	7^m32	7^m97	*8^m55*	8^m79	8^m03	7^m12
	Surbaissement	1/4,68	1/4,83	*1/4,95*	1/3,63	1/3,57	1/3,60
Aux têtes (arcs de cercle voussures en corne de vache)	Portée	35^m71	39^m	*42^m73*	32^m30	29^m19	26^m10
	Montée	2^m97	3^m27	*3^m55*	3^m52	2^m93	2^m27
	Surbaissement	1/11,69	1/11,92	*1/12,03*	1/9,17	1/9.96	1/11,49
Épaisseurs	à la clef	1^m17	1^m30	*1^m44*	1^m10	1^m05	1^m00
	aux reins, sur l'axe	2^m20	2^m20	*2^m20*	»	»	»
	aux reins, aux têtes	1^m68	1^m83	*2^m00*	1^m68	1^m60	1^m50

f_1 — Ensemble — 0mm4



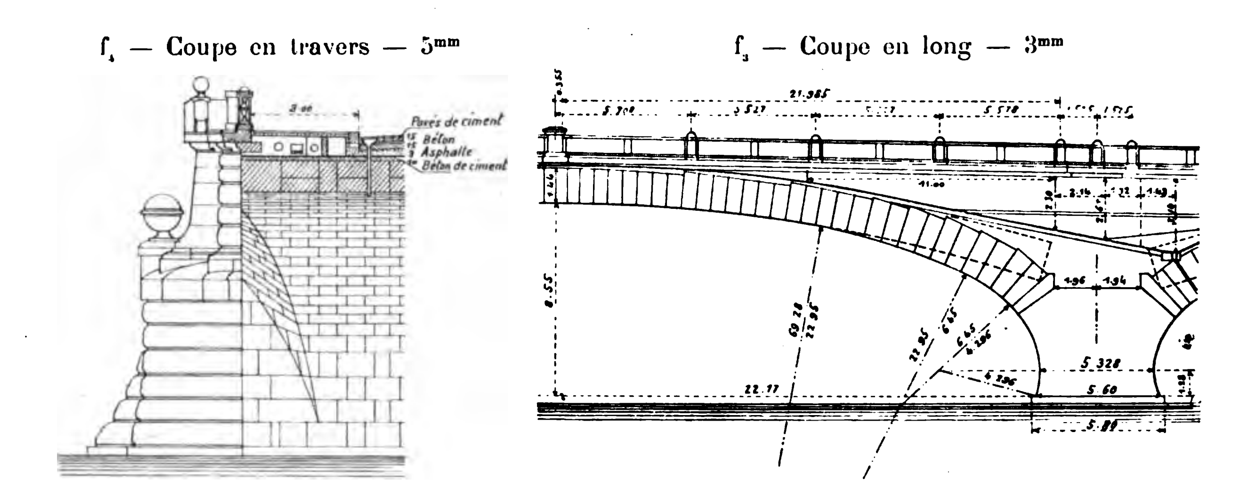
Plus grande arche (n° 4)

f_2 — Élévation — 2mm



f_4 — Coupe en travers — 5mm

f_3 — Coupe en long — 3mm



2. Piles.

	Piles (f_1)		
	a	*b* et *c*	*d* et *f*
Épaisseur aux naissances des arcs de tête	5m 48	5m	5m 69
Épaisseur au niveau de l'étiage	5m 75	5m 80	6m 10

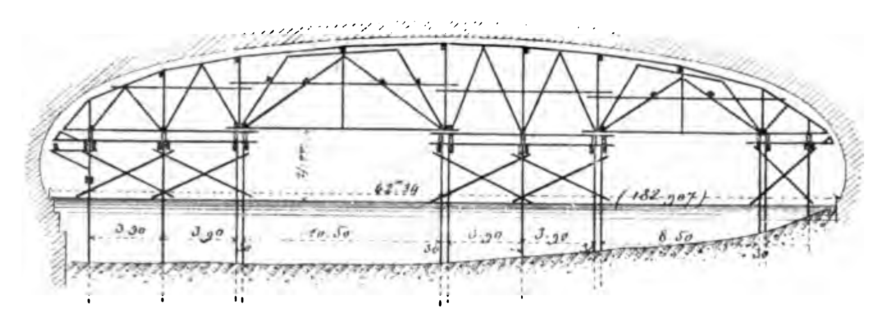
Les becs sont parementés en granit.

3. Tympans. — Ils ont 1m en bas, 0m60 en haut. Les parements sont en grès, le corps en briques.

4. Couronnement. — La corniche est en saillie sur corbeaux. Tout le couronnement est en granit, sauf les balustres qui sont en grès.

5. Cintres. — Les fermes des voûtes en rivière portaient sur des files de pieux battus à 3^m de fiche.

f_8 — Cintre de l'arche n° 4 — $2^{mm}5$ (S_2)



On a ménagé des passes navigables de 8^m50 et 10^m50 à deux arches du bras droit, à une du bras gauche.

6. Fondations.

A. – Culées fondées sur pilotis	Épaisseur au niveau des naissances	Dimensions des massifs	Pieux ronds de 0^m30			Béton de ciment à 1. 3. 5, noyant les têtes des pieux (pilonné par couches de 0^m15)	
			Nombre	Espacement d'axe en axe	Fiche	Épaisseur	Le dessous du béton est plus bas que l'étiage de:
Culée rive droite..	6^m136	$27^m54 \times 6^m65$	115	0^m70	3^m à 4^m65	1^m15 et 1^m82	2^m15
Culée rive gauche.	7^m158	$24^m33 \times 8^m40$	205	0^m90	3^m à 5^m60	1^m90	2^m95

B. – Piles. — *Pile* a (f_1). – Il y avait là une ancienne pile fondée sur pilotis. On comptait d'abord la conserver.

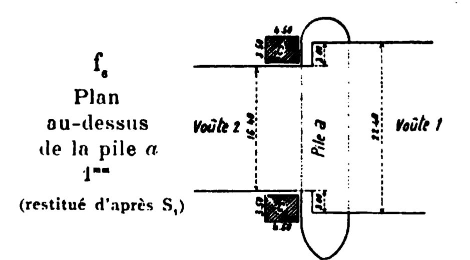
On fonda à l'air comprimé les deux becs, plus bas que les anciens pieux ; on craignit alors pour eux, et on fonda également à l'air comprimé le corps de la pile.

Voici les dimensions des caissons pour une longueur totale de massif fondé de 30^m60.

	Avant-bec	Partie centrale	Arrière-bec
Forme.....................	Triangle	Rectangle à coins arrondis	Demi-cercle
Longueur..................	8^m20	13^m20	7^m20
Largeur....................	7^m70	7^m	6^m70
Poids......................	18.475^k	37.128^k	17.492^k

Les caissons sont descendus à 7^m sous l'étiage, à 0^m50 dans le schiste.

L'intervalle de 1^m entre eux est rempli de béton de ciment jusqu'à l'étiage.



f_6 Plan au-dessus de la pile *a* 1re (restitué d'après S_1)

Les têtes de la voûte 1 sont en saillie de 3^m sur celles de la voûte 2 ; au droit de cette saillie, on a descendu deux petits caissons *c,c*, à 0^{m}20 du grand (f_6).

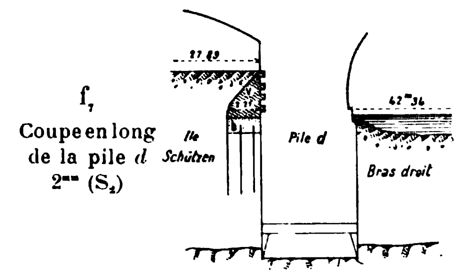
Sur eux, s'appuie un contrefort, encastré en haut dans la pile *a*.

Pile b – *Pile* c *(pile en rivière de la voûte de 42^{m}34)* (f_1). — Elles sont fondées à l'air comprimé, sur caissons de 26^{m}70 × 8^m, pesant 73 360^k.

Pile d *(pile-culée de la voûte de 42^{m}34)* (f_1). — Le massif, long de 21^{m}80, est fondé sur trois caissons descendus à 9^{m}69 sous l'étiage, à 0^{m}20 dans le schiste.

Voici leurs dimensions :

		Becs	Partie centrale
Forme		Demi-cercle	Rectangle
Longueur		3^{m}65	13^{m}20
Largeur		6^{m}60	7^{m}00
Poids	avant-bec	8.244^k	37.128^k
	arrière-bec	8.682^k	



f_7 Coupe en long de la pile *d* 2me (S_2)

On a rempli de béton de ciment l'intervalle de 0^{m}65 entre les caissons.

On a renforcé les fondations du côté de l'île par un contrefort V (f_7), appuyé sur une dalle de béton *b* de 1^{m}50, descendue à 2^{m}19 sous l'étiage, et enrobant la tête de 42 pieux espacés de 0^{m}76 (f_7).

7. Décintrement. — On opérait par abaissements de 10^{mm}.

Les tympans des arches du bras droit n'étaient pas construits au moment du décintrement.

Voici les dates et les tassements :

Voûtes (f_1)		Dates de Construction			Nombre de jours sur cintre	Surhaussement du cintre en *mm*	Tassement en *mm.* à la clef			Hauteur en *mm.* de la clef au-dessus du projet
Nos	Portée	Commencement	Achèvement	Décintrement			du cintre pendant la construct^{ion} de la voûte	de la voûte au décintrement	Total	
1	26^{m}60	21 août 1899	8 déc. 1899	14 juillet 1900	219	110	32	8	40	+ 70
2	34^{m}32	6 juin —	1er déc. —	9 déc. 1899	8	110	51	24	75	+ 35
3	38^{m}50	9 mai —	22 août —	2 déc. —	102	126	74	14	88	+ 38
4	*42^{m}34*	*22 juillet —*	*1er déc. —*	*9 déc. —*	*8*	*120*	*66*	*21*	*87*	*+ 33*
5	27^{m}89	16 octob. —	8 déc. —	9 déc. —	1	110	46	9	55	+ 55
6	27^{m}89	22 févr. 1900	13 août 1900	14 août 1900	1	50	54	3	57	− 7
7	31^{m}91	13 juin —	11 juillet —	14 août —	34	90	19	13	32	+ 58
8	28^{m}69	2 mai —	25 juillet —	10 août —	16	90	65	4	69	+ 21
9	25^{m}64	7 mai —	26 juillet —	28 juillet —	2	70	49	4	53	+ 17

9. Personnel.

Ingénieurs :

Projet. MM. Johann Janů, Ingénieur, (mort en 1892) ; Georg Soukup, Ingénieur ; Anton Balšánek, Architecte.

Études définitives et Exécution.

Directeur général. — Jusqu'à fin 1898 : M. le Conseiller Josef Srdinko ; depuis, M. le Conseiller Josef Václavek.

Directeur. — Jusqu'en juin 1899 : M. Georg Soukup, Ingénieur en chef ; depuis, M. Rudolf Kaplan, Ingénieur, précédemment Directeur adjoint.

Ingénieur. — M. Jaroslav Pavlánský.

Architecte. — M. Anton Balšánek.

Entrepreneurs : MM. G. Gregersen et fils, d'Ofen-Pest (Hongrie).

SOURCES :

S_1. — Œsterreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, 15 juin 1901, p. 394 à 401, Pl. 39 et 40 : « *Die neue steinerne « Kaiser Franzens-Brücke », über die Moldau, in Prag,* » M. Rudolf Kaplan, Ingénieur.

S_2. — Dessins de détail qu'a bien voulu m'adresser M. Mencl, Ingénieur à Prague.

S_3. — Renseignements gracieusement communiqués par M. Guillaume Weingärtner, « Oberbaurath » à Prague.

S_4. — Ce que j'ai vu — septembre 1904.

Texte : Ce qui n'est pas spécifié S_3 et S_4 est de S_1.
Dessins : Ils sont réduits de S_1 et S_2.

PONT SUR LE RHÔNE A VALENCE *(DRÔME)*

Route Nationale n° 7 de Paris à Antibes

1901-1905 $\quad$ **E**ⁿ r^{le} ($\geqslant 40^m$)^6

Φ_1 (S''_2)

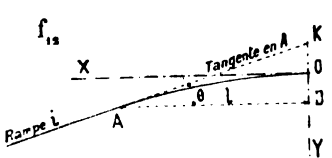


1. Pourquoi il y a une pile au milieu. — Le pont a été construit à 30^m en aval d'un pont suspendu à deux travées, démoli depuis.

Il a une pile au milieu, dans l'axe de celle de l'ancien pont.

2. Déclivités de la chaussée. — Pour ménager une passe navigable de 30^m sur 11^m au-dessus de l'étiage, la chaussée est, sur les arches de rive, en rampe de 34^{mm}, un peu forte pour l'aspect, et, sur les arches centrales, en courbe de 106^m70 de corde, 0^m913 de flèche[1].

1. — Les rampes d'accès sont raccordées par la parabole : $y = \frac{i x^2}{l^2}\left(l - \frac{x}{l}\right)$



On a : $\quad Tang\ \theta = i$

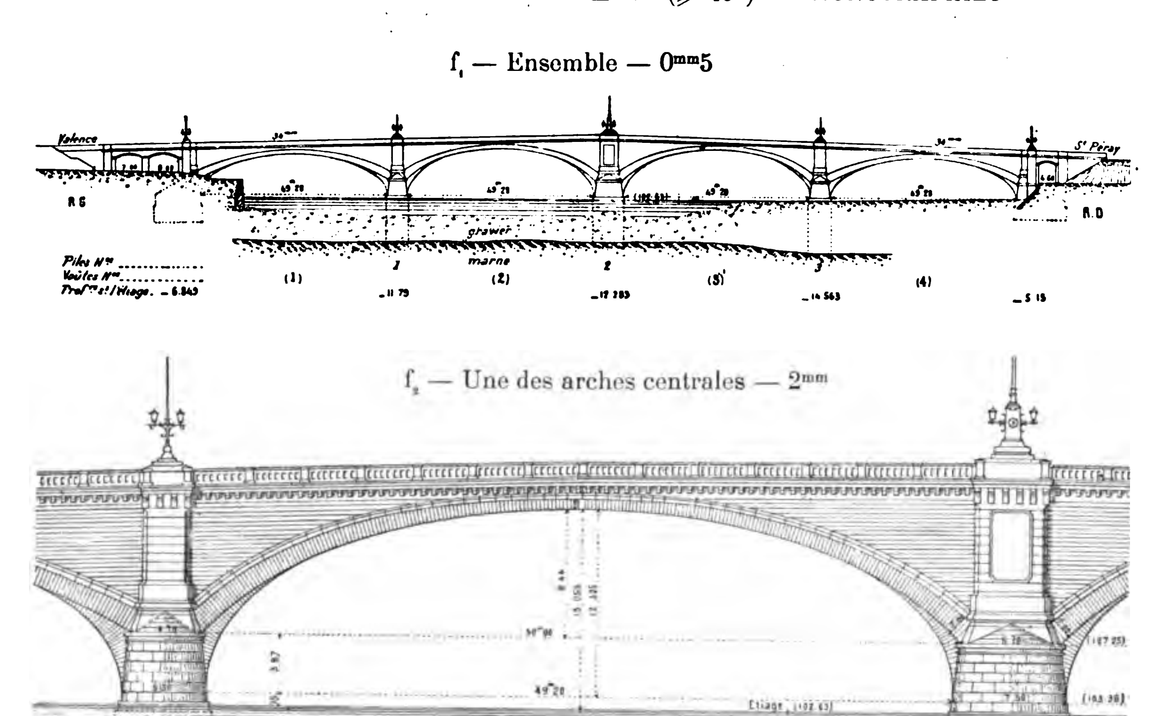
$OD = OK = \frac{il}{2}$

Le rayon de courbure est infini en A et O.

M. Auric, Ingénieur des Ponts et Chaussées :
Note sur diverses courbes de raccordement. (Annales des Ponts et Chaussées, 1903 — IV, p. 84).
Ponts en maçonnerie (Calculs et Construction). — Paris, Doin, 1911, p. 73.

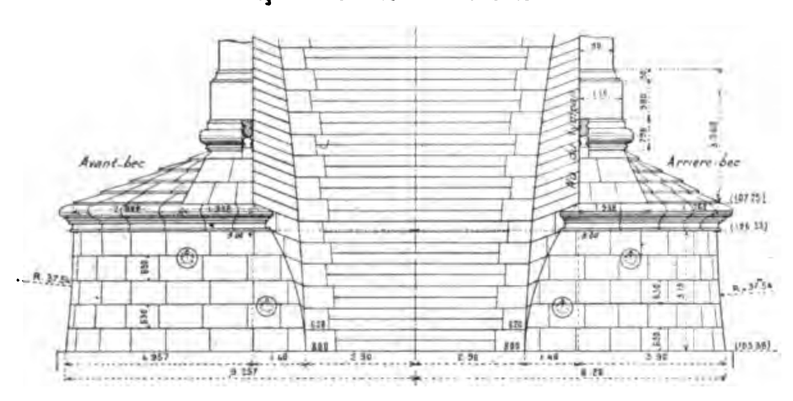
f₁ — Ensemble — 0^mm5

f₂ — Une des arches centrales — 2^mm

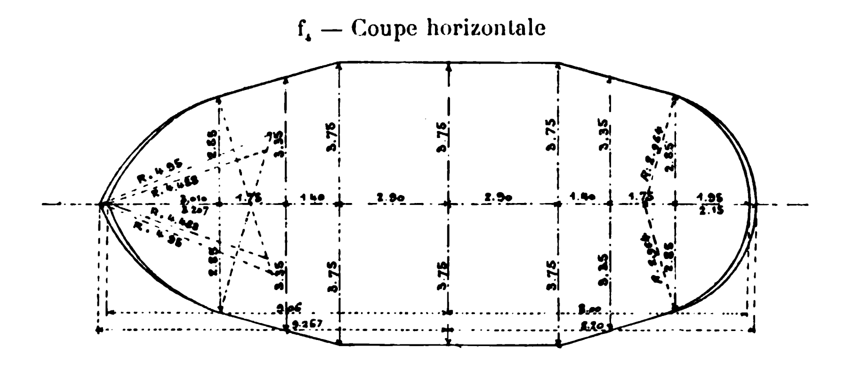


Pile du milieu — 5^mm

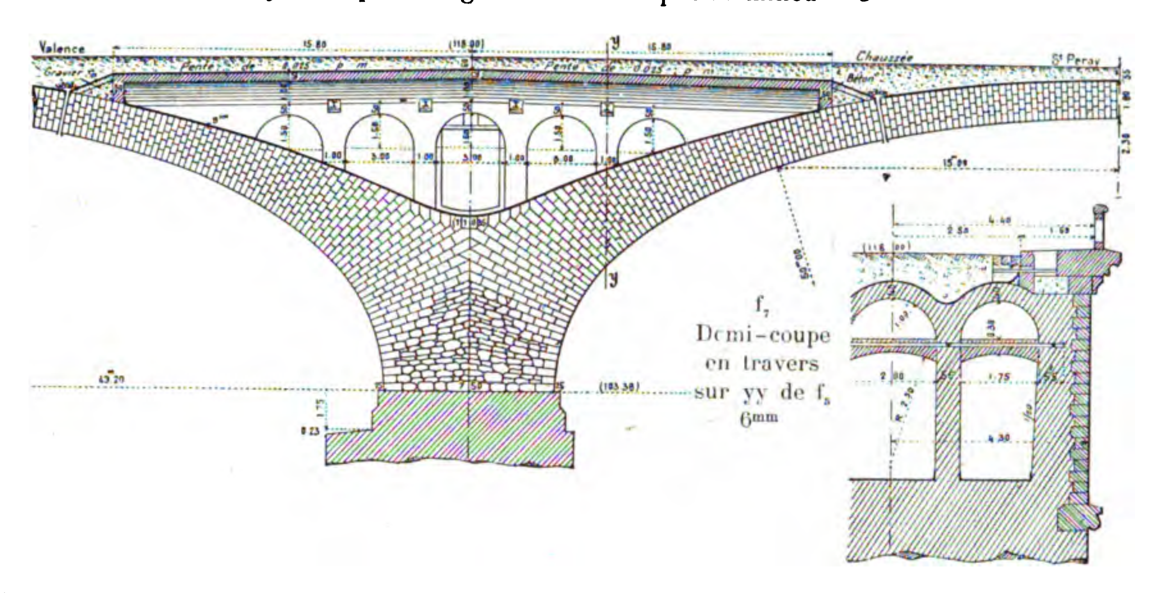
f₃ — Elévation transversale



f₄ — Coupe horizontale

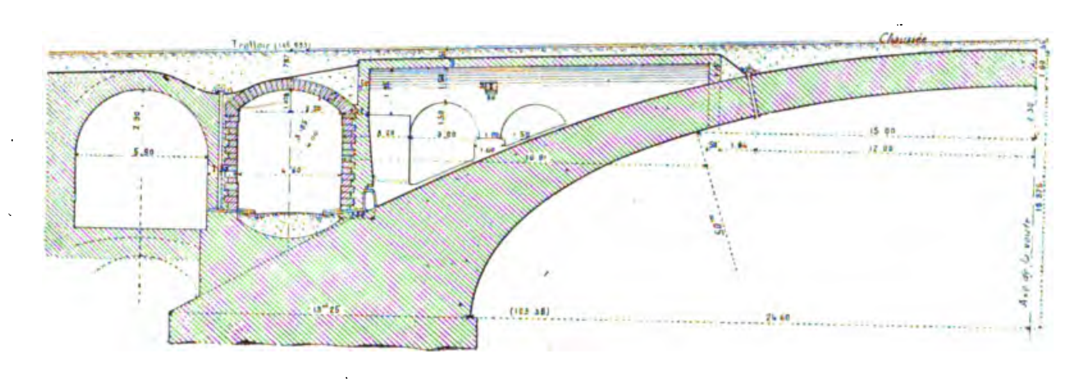


f_5 — Coupe en long au-dessus de la pile du milieu — 3mm



f_7 Demi-coupe en travers sur yy de f_5 6mm

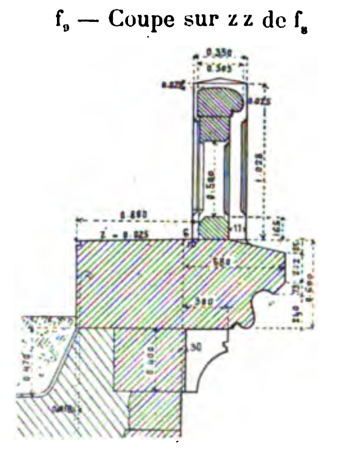
f_6 — Coupe en long de la culée rive droite — 3mm



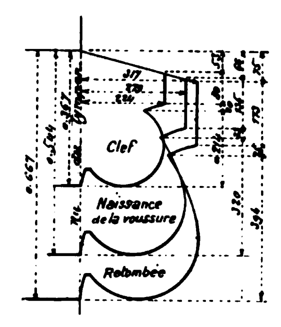
Couronnement 2cm

f_8 — Elévation

f_9 — Coupe sur z z de f_8

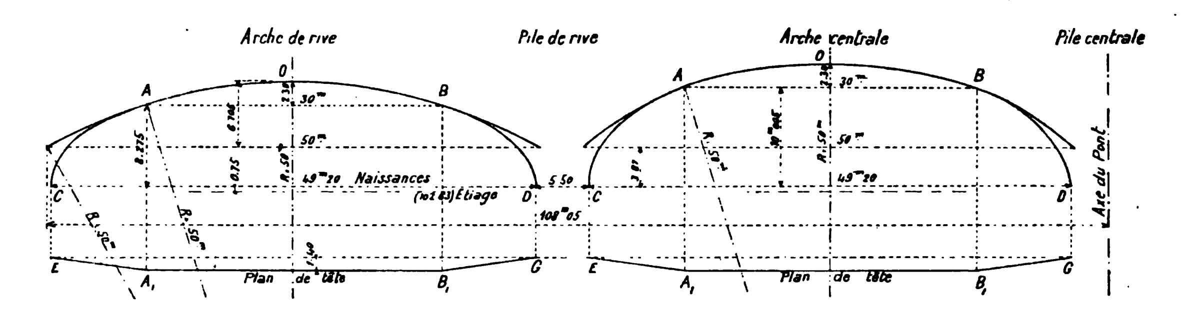


f_{10} — Coupes (normales à l'intrados) de l'archivolte des arches centrales - 10cm



3. Intrados sur l'axe (f_{11}). — Le cerveau AOB des 4 voûtes est en arc de cercle de 50m de rayon et 30m de corde. L'arc des reins (AC, BD) est une parabole osculatrice, $y^2 = Ax + Bx^2 + Cx^3$ (origine aux naissances).

f_{11} — Intrados — 1mm3



4. Voussure (f_2, f_3, f_{11}). — Aux têtes, les reins des douelles sont échancrés par une voussure en corne de vache ; la pointe est à 15m de la clef.

La 1re directrice, dans le plan de tête, est :

pour les arches de rive, le prolongement de l'arc de cercle du cerveau ;

pour les arches centrales, une parabole osculatrice, $y = Ax + Bx^2 + Cx^3$.

La 2e directrice est l'intersection de la douelle et d'un plan vertical A_1E; B_1G (f_{11}).

La voussure est plus courte qu'à Neuilly, qu'à l'Alma[2].

Peut-être aurait-on pu embrasser, dans un même motif, le bec de la pile et les deux cornes de la voussure[3].

5. Cintres métalliques (Φ_2, Φ_3; f_{12} à f_{20}). — On comptait construire d'abord les deux arches de rive droite, les décintrer, la pile centrale formant culée, et réemployer les deux cintres aux deux arches de rive gauche.

Sur le cintre de l'arche 1 (rive droite), transporté, on a, en effet, construit l'arche 4 (rive gauche). Mais, comme on ne pouvait tenir les palées sous l'arche 3 (centrale rive gauche), il a fallu, pour elle, construire un troisième cintre métallique entièrement retroussé.

2. — E^n rte (≥ 40m)2 — Tome I, p. 154.

3. — Soient : e_0, e_1, les épaisseurs du bandeau à la clef et aux retombées, L le développement de la fibre moyenne. On a admis pour l'épaisseur e à une distance de la clef S, la loi :

$$e^2 - e_0^2 + \left(e_1^2 - e_0^2\right)\frac{S^2}{L^2}$$

Note sur diverses courbes de raccordement, par M. Auric, Ingénieur des Ponts et Chaussées. (Annales des Ponts et Chaussées. 1908-IV, p. 93.)

Φ₂ — Cintre de l'arche 1 (rive droite) (S'₂)

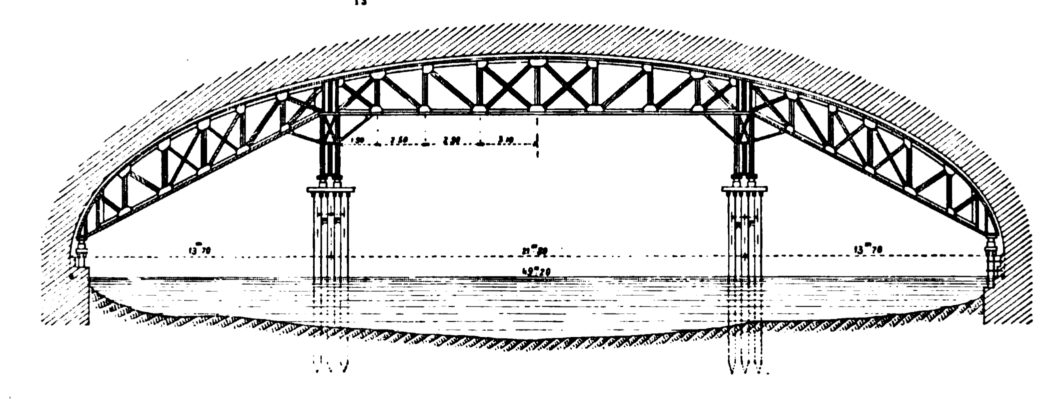


Φ₃ — Cintre de l'arche 3 (centrale rive gauche) (S'₂)

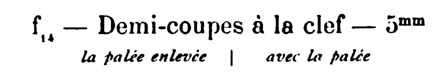


Cintre de l'arche 2 (centrale rive droite)

f_{13} — Ferme intermédiaire — 2^{mm}5

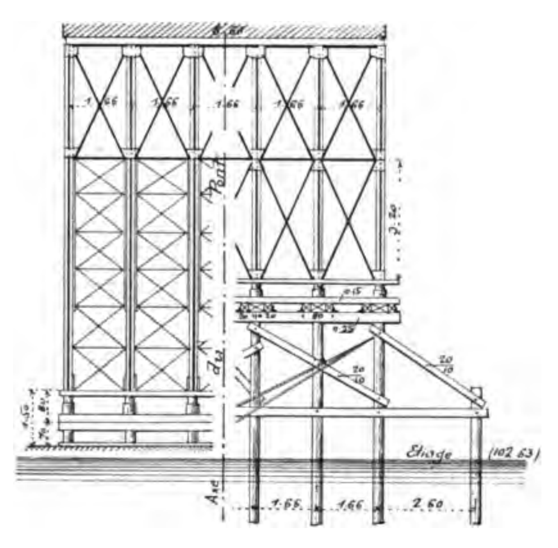


f_{15} — Appui sur palée — 1^{cm}

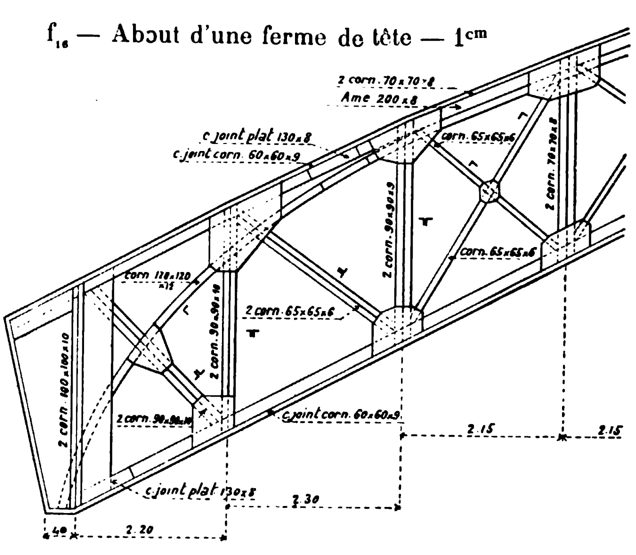


f_{14} — Demi-coupes à la clef — 5^{mm}

la palée enlevée | *avec la palée*

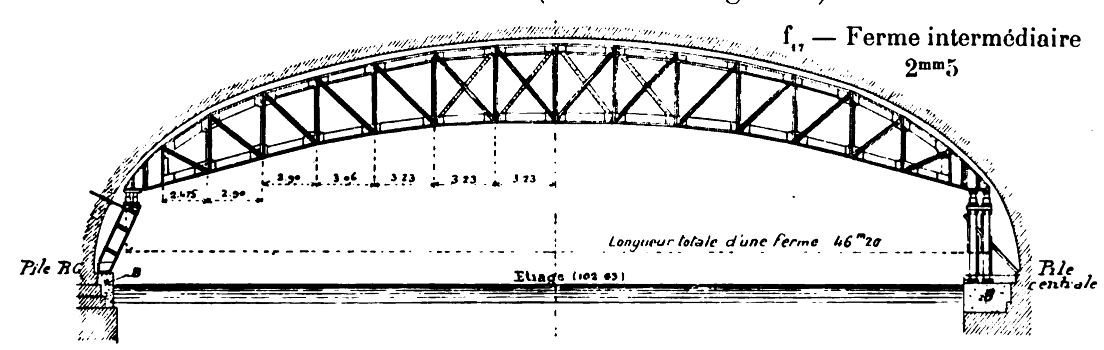


f_{16} — About d'une ferme de tête — 1^{cm}

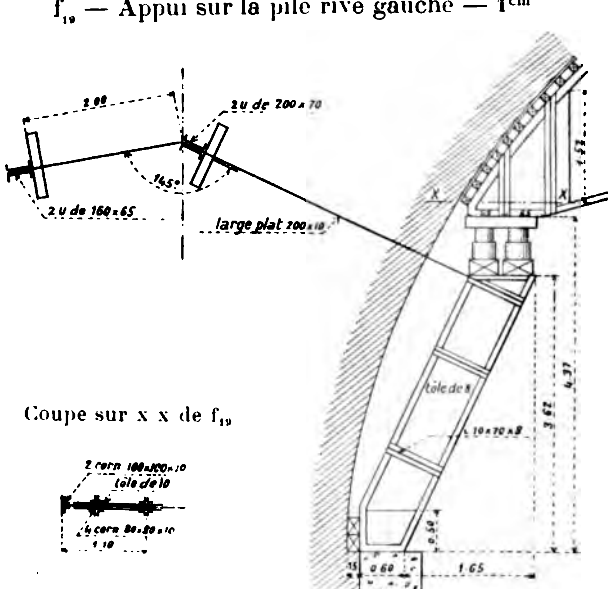


Cintre de l'arche 3 (centrale rive gauche)

f_{17} — Ferme intermédiaire 2^mm5



f_{19} — Appui sur la pile rive gauche — 1^cm

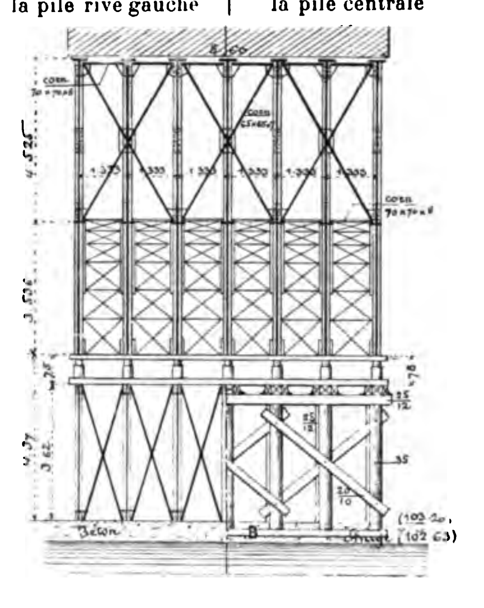


Coupe sur x x de f_{19}

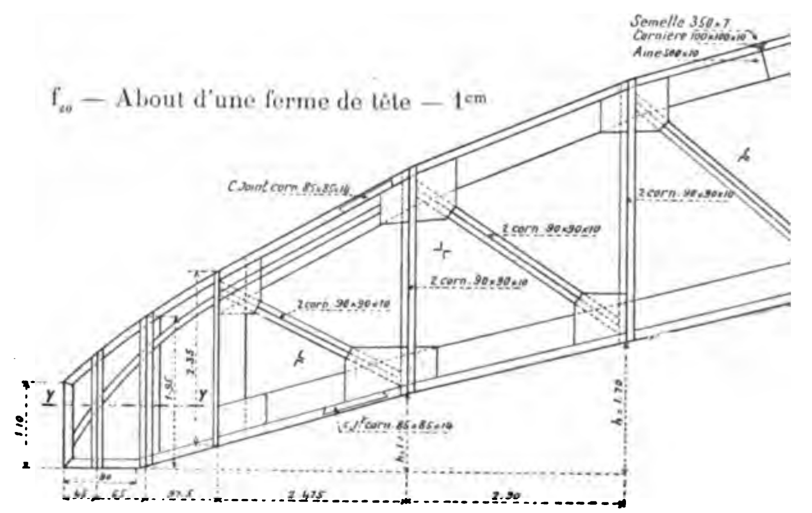
f_{18} — Demi-coupes à la clef — 5^mm

vers

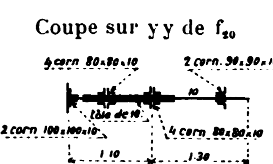
la pile rive gauche | la pile centrale



f_{20} — About d'une ferme de tête — 1^cm



Coupe sur y y de f_{20}



6. Fondation de la pile rive gauche. Accident. — Le caisson descendait entre des pieux battus dans des graviers très mobiles.

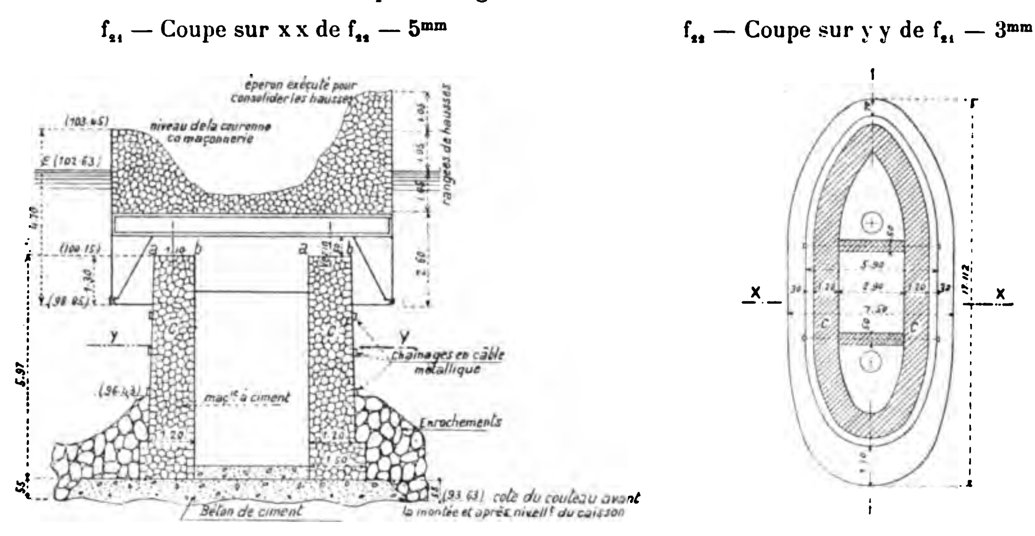
Ils furent emportés une première fois : on put remettre le caisson en place.

Quand on approcha de la marne, le courant sous le couteau affouilla le sol, renversa les pieux, et déplaça le caisson.

Pour le ramener, on commença par le relever. On exécuta à l'air comprimé une colonne creuse C C (f_{21}, f_{22}) ; des vérins, placés sur la surface supérieure *a b*,

Caisson de la pile rive gauche, le 27 décembre 1903

f_{21} — Coupe sur x x de f_{22} — 5^{mm} f_{22} — Coupe sur y y de f_{21} — 3^{mm}



soulevaient le caisson. On l'éleva ainsi assez pour le réparer ; puis on le fit rouler sur le sommet de la colonne ; on le ramena à son emplacement, et on l'y redescendit en la démolissant.

7. Construction des voûtes.

A. – *Voûtes rive droite* (*n°s 1 et 2*) (1903-1904). — On construisit d'abord les deux voûtes rive droite à pleine épaisseur jusqu'au droit de la première diagonale des cintres ; puis, au-dessus, en 3 rouleaux.

Le premier comportait 8 tronçons à l'arche 1, 10 à l'arche 2, coupés au droit des montants verticaux des cintres. Les joints secs étaient maintenus en douelle par des règles en chêne de 20^{mm} d'épaisseur.

Les 2e et 3e rouleaux furent exécutés en 6 tronçons chacun.

B. – *Voûtes rive gauche* (*n°s 3 et 4*) (1904-1905). — On les construisit à pleine épaisseur, jusqu'à la deuxième diagonale du cintre pour l'arche de rive, jusqu'à la première pour l'arche centrale.

Puis, on chargea uniformément et simultanément les cintres des deux arches avec les moellons du premier rouleau, en commençant par la clef.

On divisa chaque voûte, par des taquets, en 6 tronçons qu'on attaqua simultanément, en ménageant des joints secs, au droit de tous les montants du cintre pour l'arche centrale, au droit de tous ceux du panneau central pour l'arche de rive.

Les 2e et 3e rouleaux furent exécutés en 4 tronçons.

8. Dépenses (Décompte définitif de l'entreprise, non compris les dépenses en régie).

Fondations à partir de 1^m au-dessous de l'étiage	399.435^{f}29
Pont proprement dit	484.362^{f}24
Cintres	219.759^{f}39
Culées	71.706^{f}57
Chaussée, caniveaux, trottoirs	13.721^{f}13
Candélabres, colonnes rostrales, pylône central, panneaux sculptés	44.758^{f}73
Total	1.233.743^{f}35

9. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : M. Clerc, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Travaux { M. Clerc, Ingénieur en chef.
M. Auric, Ingénieur ordinaire.

Entrepreneurs : M. Joseph Fayolle, de Grenoble ;

MM. J. Joya et Cie, de Grenoble, ont exécuté les fondations à l'air comprimé et construit les cintres métalliques

---

SOURCES :

S_1. — Dessins et renseignements gracieusement communiqués par M. l'Ingénieur en chef Clerc.

S_2. — Ce que j'ai vu :
S'_2 — Été 1904,
S''_2 — Septembre 1906.

PONT ÉDOUARD VII SUR LA TAMISE A KEW[1] *(ANGLETERRE)*

1901-1903 E^n r^te (> 40^m)7

1. Ancien pont de Kew. — Au même emplacement, on avait ouvert à la circulation, en 1789, un pont en pierre à 7 arches, d'abord propriété privée avec péage, puis racheté en 1872 pour 1.432.500^f.

Au moment de construire le pont actuel, on établit un pont provisoire un peu en amont, puis on démolit l'ancien.

2. Pont actuel. — Chaussée et trottoirs. — La chaussée est pavée en bois sur béton de ciment. Les trottoirs sont en béton ; leur bordure, en granit. Dessous passent : d'un côté, une conduite de gaz de 0^m457 ; de l'autre, 4 tuyaux de $7^{cm}6$ pour câbles télégraphiques, téléphoniques.....

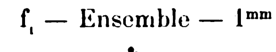
Φ_1



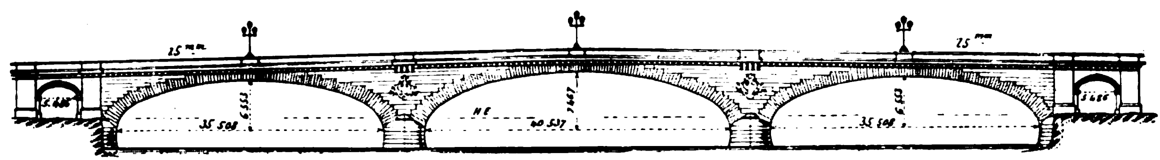
3. Matériaux. — Tous les parements sont en granit (Ecosse, Cornouailles, Norwège).

Quelques pierres des chaperons des becs pèsent 4 à 5 tonnes.

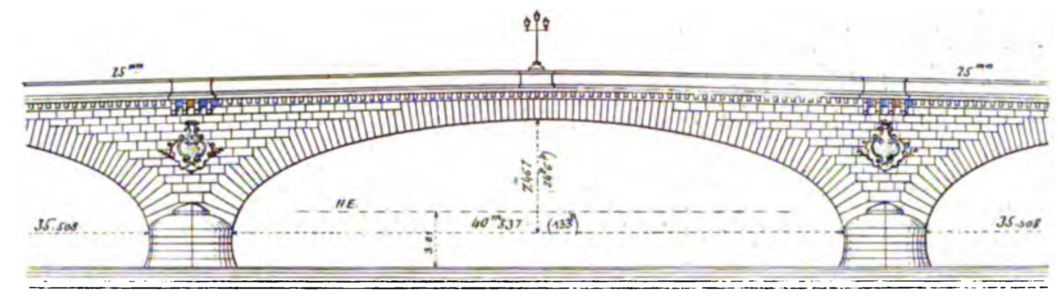
1. — Entre Kew (Surrey), rive droite, et Brentford (Middlesex), rive gauche.



f₁ — Ensemble — 1ᵐᵐ

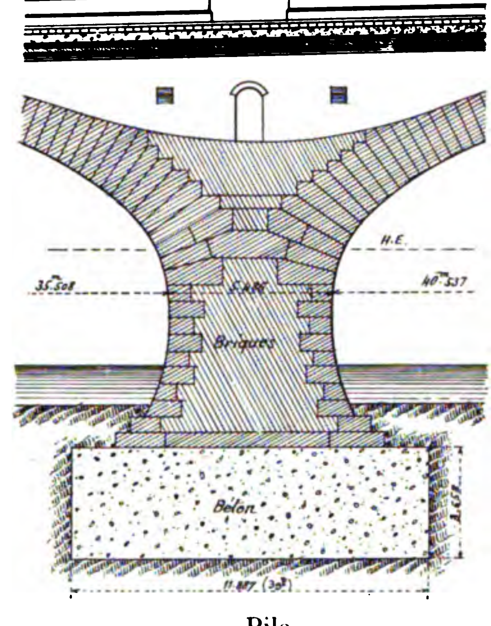


f₂ — Voûte centrale — 2ᵐᵐ

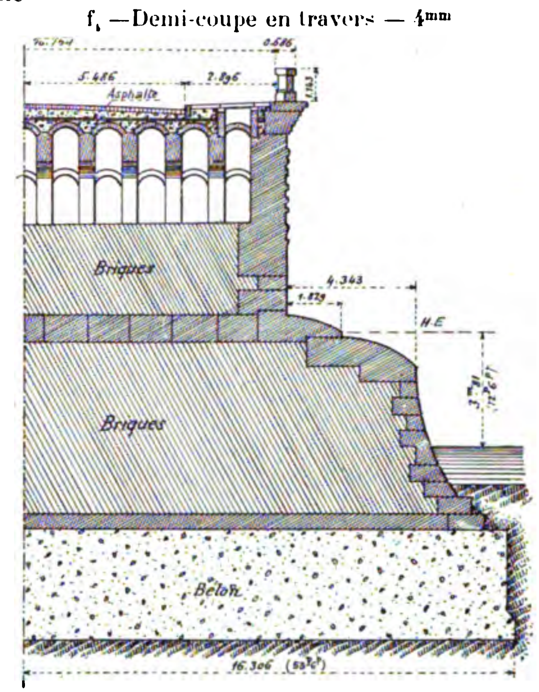


Pile

f₃ — Coupe en long — 4ᵐᵐ

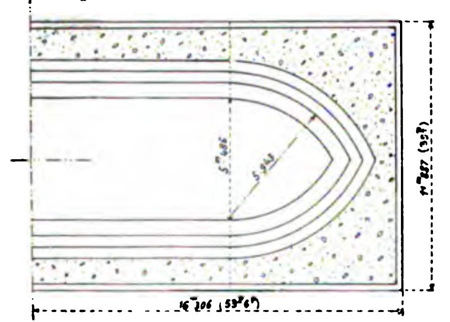


f₄ — Demi-coupe en travers — 4ᵐᵐ

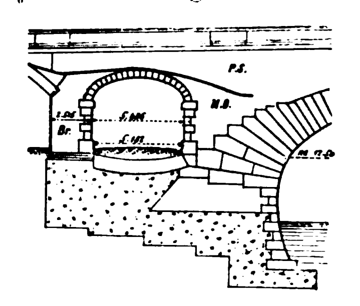


Pile

f₅ — Demi-coupe horizontale — 3ᵐᵐ



f₆ — Culée rive gauche — 2ᵐᵐ



On a fait en briques :

le noyau des piles et le remplissage au-dessus des sommiers des voûtes jusqu'à 3m96 au-dessus des naissances ;

les 11 voûtes d'élégissement, qui ont 0m23 d'épaisseur, et leurs 10 piédroits, qui ont 0m46.

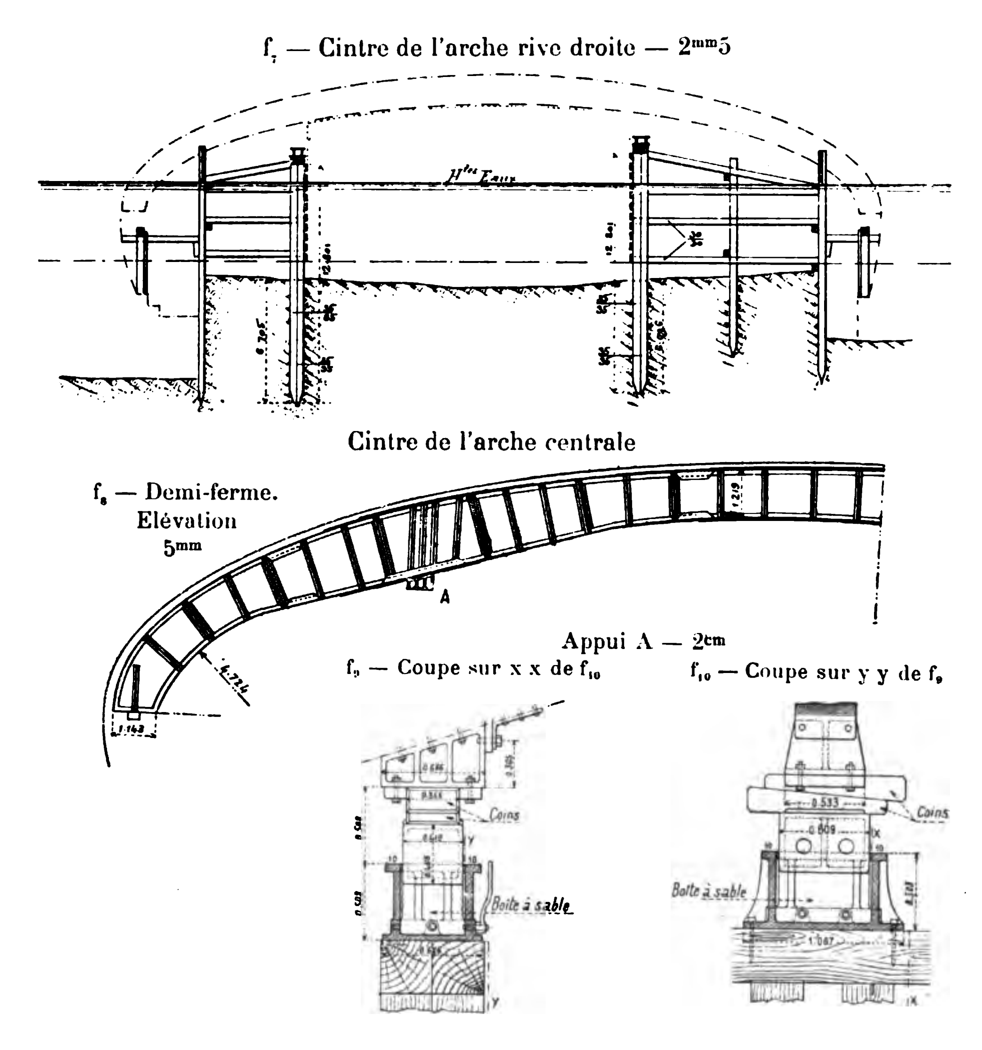
4. Viaducs d'accès. — On accède au pont :

sur la rive droite, par un viaduc de 8 arches ;

sur la rive gauche, par un viaduc de 6 arches (5 de 5m40, 1 de 6m40), dont 5 sont aveuglées et peuvent être louées pour des magasins, des bars, etc...

5. Cintres (f_7 à f_{10}). — La navigation exigea deux passes ayant une revanche de 5m18 au-dessus du T. H. W.[2], une largeur de 22m86 à l'arche centrale, de 15m24 à une arche de rive : c'était imposer des cintres métalliques.[3]

f_7 — Cintre de l'arche rive droite — 2mm5



Cintre de l'arche centrale

f_8 — Demi-ferme. Élévation 5mm

Appui A — 2cm

f_9 — Coupe sur x x de f_{10}

f_{10} — Coupe sur y y de f_9

2. — Trinity High Water.

3. — Comme au pont de Putney, Āⁿ rte (⩾ 40m)[1] — Tome III.

Les pieux des palées en rivière furent battus à 2m13 au-dessous des fondations. Après l'enlèvement des cintres, on les recépa à — 3m.

Chaque ferme a été construite en trois tronçons : on a amené sur bateau et monté les tronçons extrêmes, puis le tronçon central, en le faisant porter sur les abouts en porte-à-faux des semelles inférieures des tronçons voisins.

On a disposé, entre les fermes et les palées de support, des coins en chêne à 1/12 pour mettre les fermes à hauteur, et, au-dessous, des boîtes à sable pour le décintrement, boîtes rectangulaires avec pistons en fonte (f_9, f_{10}).

Les appuis extrêmes, qui sont peu chargés, portent sur des coins.

Sur les semelles supérieures des fermes, on boulonna une fourrure d'environ 10cm, dont on régla exactement l'extrados.

Dessus, on cloua des couchis de 10cm × 20cm.

6. Exécution. — Les matériaux, approvisionnés sur la rive droite, étaient amenés par un câble de 167m64 de longueur, 5cm de diamètre, pouvant porter 6 tonnes, et transporter 2 à 3 tonnes, à une vitesse de 3m81 par seconde.

7. Décintrement. — On procéda par abaissements successifs de 6mm, toutes les 10 minutes, jusqu'à décollement complet.

On retira les couchis, on coupa les rivets qui assemblaient les tronçons des fermes.

On a enlevé une ferme par jour; la dernière, le 8 mai 1903.

8. Achèvement. — La dernière pierre fut posée par le roi Edouard VII, le 21 mai 1903.

9. Personnel.

Ingénieurs :

Projet et Direction générale des Travaux :

Sir John Wolfe Barry, K. C. B.;

M. Cuthbert A. Brereton.

Construction :

jusqu'au commencement de 1901, M. R. W. Dana, M. A., A M. Inst. C. E.;

depuis 1901, M. W. Garneys Wales, A. M. Inst. C. E.

Entrepreneurs : MM. Easton Gibb et fils, d'Aberdeen.

SOURCES :

S_1. — Engineering :

15 mai 1903; texte, p. 662 et 663; dessins, p. 650, 651, 654; photographies, p. 643, 654.

5 juin 1903, p. 739 à 742; « *The King Edward VII Bridge at Kew* ».

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A PLUSIEURS GRANDES ARCHES
SOUS ROUTE

Série $E^n E^n r^{te}$ ($\geqslant 40^m$)[1]

1. Pour le sens de ce symbole, voir Préliminaires, p. 3 et 4.

PONTS EN DEUX ANNEAUX A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage* 1	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage 2	Largeurs entre parapets *des anneaux* *en douelle, à la clef* du vide entre eux Fruit des tympans 3	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure :* *à la clef* *aux naissances* 4	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée* 5	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins* 6	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment* 7	PRESSIONS en $kg/0^m01^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées 8	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES* 9
des **Amidonniers** à **Toulouse** *France* Pont 1904-1907 Dalle 1909-1910 **E^n E^n r^te** (⩾ 40m)[1] *2 ponts à 5 arches :* *1 centrale de 46m,* *2 intermédiaires de 42m,* *2 de rive de 38m 50.* *(Voir pour celles de rive, pages 190, 191).*	*257m 21* 20‰ — 20‰ Raccordement par une parabole entre axes des piles centrales. 17m étiage	22m 00 3m 32 9m 84 Fruit 1/40 Revanche de la chaussée sur l'extrados 1m63	*Voûtes centrales* Ellipse aplatie aux reins 46m 00 *10m 993* 1/4,17 = 0,239 *45m 61* *4m 70* *Voûtes intermédiaires* Ellipse aplatie aux reins 42m 00 *10m 307* 1/4,10 = 0,245 *40m 41* *4m 45*	*Voûtes centrales* 1m 26 *2m 59 à 37°* *Voûtes intermédiaires* 1m 21 *2m 52 à 38°*	*Voûtes centrales* *Voûte amont* 1m 26 *1m 98 à 37°* *Voûte aval* 1m 26 *2m 65 à 37°* *Voûtes intermédiaires* *Voûtes amont* 1m 21 *1m 98 à 38°* *Voûtes aval* 1m 21 *2m 55 à 38°*	Calcaire de Vianne (Lot-et-Garonne) 1083k à 1305k Joints minces Lits pleins, sans démaigrissement Bandeaux : vus : PT [1] (petit appareil) intérieurs : MAV [1] Douelle et Queutage : MEV [1] *Sable de la Garonne* *Ciment artificiel Vicat n° 1 — 600k*	*Voûtes centrales* Pression [5] — MAX. / moy. *sans surcharge* Clef : 24k / 24k Milieu de la montée : 34k (intr[7]) (effort MAX.) / 16k Retombées : 17k (intr[7]) / 13k *avec surcharge* *1° sur toute la voûte* Clef : 39k (extr[8]) / 29k Milieu de la montée : 43k (intr[7]) (effort MAX.) / 21k Retombées : 20k (intr[7]) / 16k *2° sur une 1/2 voûte* Clef : 40k (extr[8]) / 27k a - 1/2 voûte chargée A 60° de la 1/2 portée à partir de la clef : 50k (extr[8]) (effort MAX.) / 24k Milieu de la montée : 34k (intr[7]) / 18k Retombées : 21k (intr[7]) / 15k b - 1/2 voûte non chargée Milieu de la montée : 35k (intr[7]) (effort MAX.) / 18k Retombées : 19k (extr[8]) / 14k *Arc élastique* *Méthode graphique Culmann-Ritter* [6] Surcharges : sur les trottoirs : 400k/mq sur la chaussée, près des trottoirs : 2 locomotives de 40t ; au milieu : 3 files de tombereaux de 11t	1° Au-dessus de chaque pile, 1 voûte transversale vue, en ellipse de 11m60 à 1/4,91 ou de 9m90 à 1/4,97 2° *Aux 2 têtes vues, Archivoltes.* *A la tête amont, Voussure.* *Aux voûtes centrales, Cartouche à la clef :* *aux autres, Clef et Contre-clefs*

1. Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.
5. Au projet, la largeur entre parapets était de 16m : en exécution, on l'a portée à 22m sur les mêmes voûtes. Les pressions indiquées sont pour le pont de 22m.
6. Elle est exposée : Tome V, — Appendice.
7. Intrados.
8. Extrados.

SÉRIE $E^n E^n r^{te}$ ($\geqslant 40^m$)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D**
FONDATIONS	GRANDES VOÛTES							
	CINTRES				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses					
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg/$\overline{0^m01}^2$ *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	Totaux et par unité de surface utile S_p [3], de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Voûte centrale amont							
Tuf (Mollasse)	Fixe (Pt Antoinette) $\hat{A}^1 F'(\geqslant 40^m)^5$ (Tome II) *Sapin* Bottes à sable	3 *intermédiaires:* *24cm* *de rive: 20cm* 1^m90 *30mm*	$94^{mc}4$ 2337k 8914f	$0^{mc}54$ 13k5 51f4	A partir des retombées : 3 rouleaux, 6 tronçons par rouleau ; au 1er rouleau, 11 clavages ; au 2e 7, au 3e 7	Voûte nue *299 jours* 14 mars	$t_c = 36^{mm}$ $t'_v = 0$	Maçonnerie 11548^{mc} Béton armé 1263^{mc} Q = 12811^{mc}
	Voûte centrale aval							
-3^m05 à -5^m29	— id —	— id —	$89^{mc}0$ 2239k 8301f	$0^{mc}52$ 13k1 48f4	— id —	Voûte nue *236 jours* 22 décembre	$t_c = 33^{mm}$ $t'_v = 0$	Q : S_p = $2^{mc}2$ Q : W = $0^{mc}15$
	Voûte intermédiaire rive droite amont							
Encastrement dans le tuf 2^m77 à 3^m96	— id —	— id — *25mm*	$76^{mc}4$ 2140k 7388f	$0^{mc}49$ 13k6 47f1	— id —	Voûte nue *159 jours* 23 août	$t_c = 28^{mm}$ $t'_v = 0$	D = 1 145 714f
	Voûte intermédiaire rive droite aval							
Pression maxima : sous les piles : 6k4 sous les culées : 8k9	— id —	— id —	$72^{mc}6$ 2044k 6922f	$0^{mc}47$ 13k2 44f6	— id —	Voûte nue *169 jours* 23 août	$t_c = 23^{mm}$ $t'_v = 0$	D : S_p = 202f5 D : W = 13f5 D : Q = 89f4
	Voûte intermédiaire rive gauche amont							
Épuisements	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite amont	»	»	»	— id —	Voûte nue *125 jours* 8 mai	$t_c = 24^{mm}$ t'_v tête vue $0^{mm}89$, tête cachée $1^{mm}85$	
	Voûte intermédiaire rive gauche aval							
	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite aval	»	»	»	— id —	Voûte nue *131 jours* 8 mai	$t_c = 25^{mm}$ t'_v tête vue $2^{mm}35$, tête cachée $1^{mm}65$	

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONTS EN DEUX ANNEAUX A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima de la chaussée au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeurs entre parapets *des anneaux en douelle, à la clef* du vide entre eux Fruit des tympans	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1 mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg $\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Voûtes de rive					
des **Amidonniers** à **Toulouse** *(Suite)*			Ellipse aplatie aux reins 38m,50 *9m 427* $\frac{1}{4,08}$ = 0,241	1m,18 *2m,42 à 40°*	*Voûtes amont* 1m,18 *1m91 à 40°*			
			37m 02 *4m 06*		*Voûtes aval* 1m,18 *2m 42 à 40°*			

SÉRIE $E^n E^n r^{te}$ (≥40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE (Suite)

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D** Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
FONDATIONS *Nature du sol* Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg $\overline{0^m01}^2$ *Procédé*	GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES: Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses: Totaux	par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Voûte rive droite amont							
	Fixe (Pt Antoinette) *Sapin* Boîtes à sable	3 *intermédiaires: 21cm* *de rive: 20cm* 1m90 *20mm*	65mc5 1936k 6335f	0mc46 13k7 44f7	Comme les autres voûtes (page 189)	Voûte nue *223 jours* 23 août	t_c = 19mm t'_v = 0	
	Voûte rive droite aval							
	— id —	— id —	61mc8 1850k 5931f	0mc44 13k2 42f3	— id —	Voûte nue *232 jours* 23 août	t_c = 21mm t'_v = 0	
	Voûte rive gauche amont							
	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite amont	»	»	»	— id —	Voûte nue *100 jours* 19 juin	t_c = 18mm t'_v { tête vue 0m38 / tête cachée 0m85	
	Voûte rive gauche aval							
	On a réemployé le cintre de la voûte rive droite aval	»	»	»	— id —	Voûte nue *107 jours* 19 juin	t_c = 17mm t'_v { tête vue 1m46 / tête cachée 0m69	

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

PONT DES AMIDONNIERS

Φ_1 — amont — octobre 1911



VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n E^n r^{te} ($\geqslant$ 40m)

MONOGRAPHIES

PONT DES AMIDONNIERS, SUR LA GARONNE, A TOULOUSE

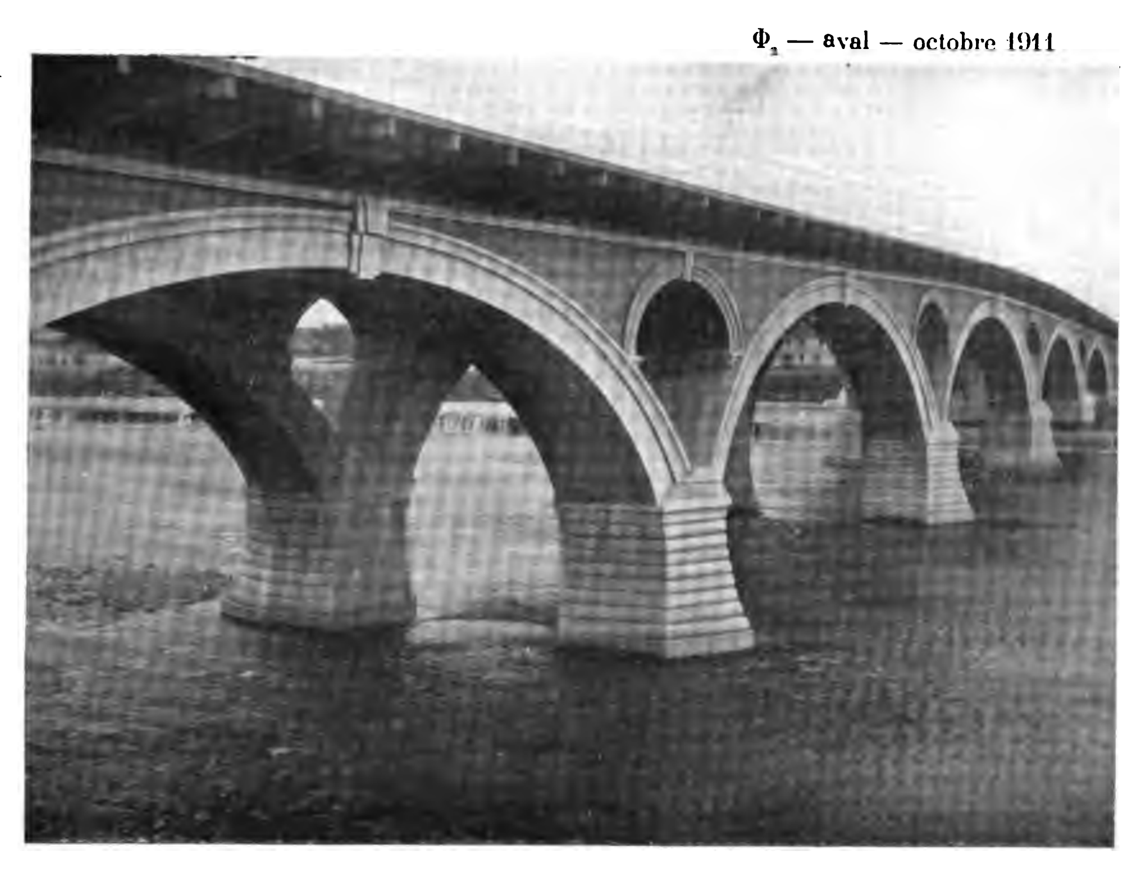
Pont 1904-1907
Dalle 1909-1910

E^n E^n r^{te} ($\geqslant$ 40m) 1

1. Dispositions d'ensemble (Pl_1, p. 196 bis; Pl_2, p. 196 ter; Pl_3, p. 196 IV). — Deux anneaux de 3m25 de largeur, écartés l'un de l'autre de 10m, portent un plancher en béton armé, qui les déborde de 3m de chaque côté. (Pl_1, f_4).

Sur 2 voûtes ayant ensemble 6m50 de largeur, on a donné 22m à la circulation.

Φ_1 — aval — octobre 1911



La face amont du pont regarde la ville : c'en est la façade.

Pour l'aspect et pour l'entrée des eaux, on a effilé les avant-becs, échancré les têtes par une voussure, relevé les bandeaux d'une archivolte (Φ_1 ; Pl_1, f_1, f_2, f_4 ; Pl_2, f_5, f_7 à f_{10} ; Pl_3, f_{27}).

A la face aval, on a aplati les arrière-becs, supprimé la voussure, réduit l'archivolte à un cavet (Φ_2 ; Pl_1, f_4 ; Pl_2, f_7, f_8, f_{11} ; Pl_3, f_{28}).

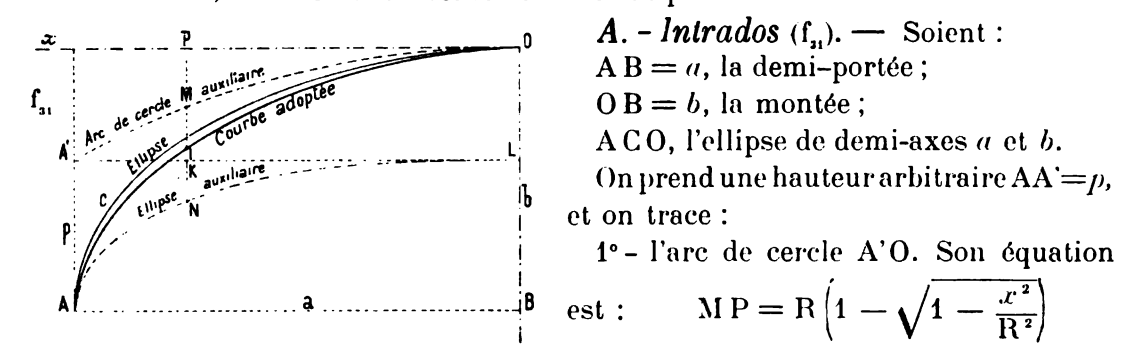
Les tympans en briques sont rouges, comme les tours de la Dalbade, des Jacobins, de Saint-Sernin.

Les murs des culées s'évasent en courbe comme au vieux pont des Minimes[1] sur le Canal (Pl_2, f_{13}, f_{15}, f_{16}) ; ils ont même corniche (Pl_3, f_{30}).

Le pont est ajusté aux lieux : c'est, à Toulouse, un pont toulousain.

2. Forme des voûtes.

— On a tracé l'intrados et l'extrados de façon à satisfaire l'œil, et à bien encadrer les courbes de pression.[2]



A. - Intrados (f_{31}). — Soient :
$AB = a$, la demi-portée ;
$OB = b$, la montée ;
ACO, l'ellipse de demi-axes a et b.

On prend une hauteur arbitraire $AA' = p$, et on trace :

1° - l'arc de cercle A'O. Son équation est : $MP = R\left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right)$

2° - l'ellipse A N L de demi-axes a et p, dont l'équation, par rapport à LA', est :

$$KN = p\left(1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}\right)$$

On porte cette ordonnée KN au-dessous de M, c'est-à-dire qu'à PM on ajoute KN.

$$PI = PM + KN = Y = R\left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}\right] + p\left[1 - \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}\right] \quad ^{3}$$

Voici les données numériques des trois intrados :

Portée $2a$				46^m	42^m	38^m50
Montée b				10^m993	10^m307	9^m427
Ordonnée arbitraire p				10^m40	9^m70	8^m85
Rayon de l'arc de cercle auxiliaire : $R = \frac{a^2 + (b-p)^2}{2(b-p)}$				441^m13	363^m57	319^m74
Rayons de courbure	de la courbe adoptée	à la clef :	$\rho_0 = \frac{R a^2}{a^2 + pR}$	45^m61	40^m41	37^m02
		aux naissances :	$\rho_1 = \frac{p^2}{R}$ (celui de la petite ellipse LNA)	4^m70	4^m45	4^m06
	de l'ellipse non déformée de demi-axes a et b	*à la clef :*	$a^2 : b$	*48^m12*	*42^m79*	*39^m31*
		aux naissances :	$b^2 : a$	*5^m25*	*5^m06*	*4^m62*

1. — Construit par de Saget aîné (1760-1763). M. de Dartein : « *Études sur les Ponts en pierre remarquables par leur décoration, antérieurs au XIXe siècle* ». Vol. III, p. 37, Pl. 7, 8, 9.

2. — Tracées pour le pont du projet, qui n'avait entre parapets que 16^m au lieu de 22^m.

3. — Posons : $\beta = \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$, $\gamma = \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}$. On trouve :

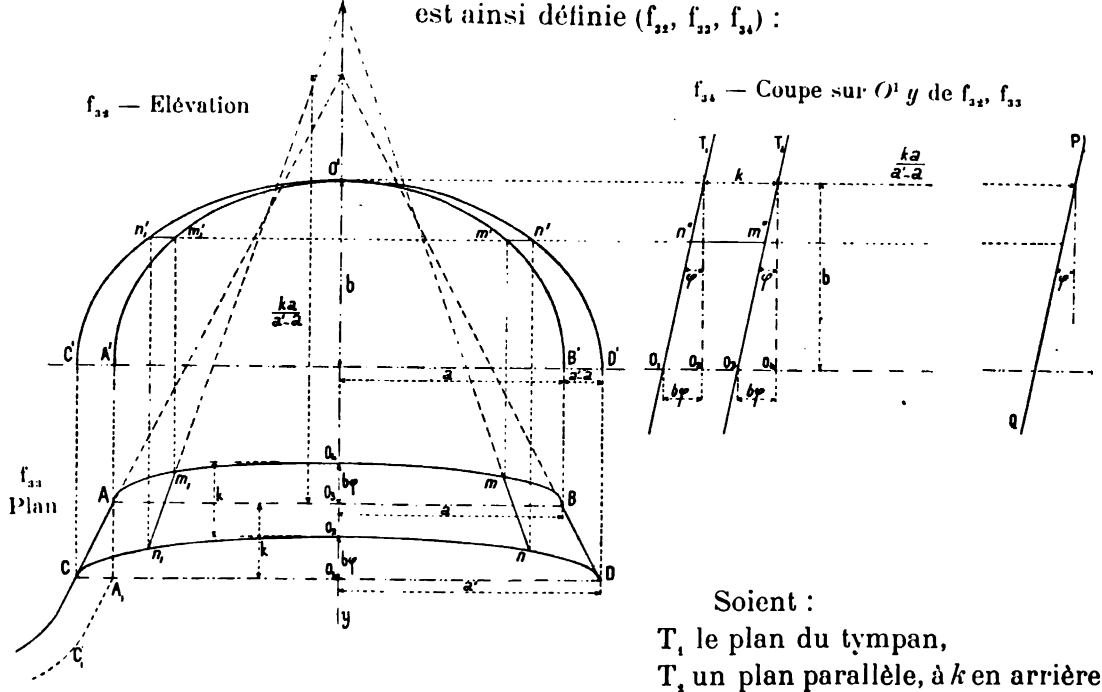
$$Tang\ \theta \left(\begin{array}{c}\text{inclinaison}\\ \text{sur } ox\\ \text{de la}\\ \text{tangente}\\ \text{en I}\end{array}\right) = x\left(\frac{1}{R\gamma} + \frac{p}{a^2\beta}\right) \qquad \rho \left(\begin{array}{c}\text{rayon de}\\ \text{courbure}\\ \text{en I}\end{array}\right) = \frac{\left[\beta^2\gamma^2 + x^2\left\{\frac{p}{a^2}\gamma + \frac{\beta}{R}\right\}^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{p}{a^2}\gamma^3 + \frac{1}{R}\beta^3}$$

B. - *Extrados.*

Voûtes de :	Extrados rapporté à la tangente au sommet	Rayon de courbure au sommet
46m	$y = 51{,}7825\left(1 - \sqrt[7]{1 - 0{,}0011849\,x^2}\right)$	57m04
42m	$y = 51{,}5556\left(1 - \sqrt[7]{1 - 0{,}0013348\,x^2}\right)$	50m86
38m50	$y = 92{,}836144\left(1 - \sqrt[12]{1 - 0{,}001405\,x^2}\right)$	46m

3. Voussure de la tête amont.

— Elle est ainsi définie (f_{32}, f_{33}, f_{34}) :



Soient :

T_1 le plan du tympan,

T_2 un plan parallèle, à k en arrière (k compté sur l'horizontale) (f_{34}) ;

$C\,O_1\,D$, $A\,O_3\,B$, leurs traces sur le plan des naissances (f_{33}).

T_2 coupe la douelle suivant l'ellipse (A' O' B', $A\,O_4\,B$) (f_{32}, f_{33}).

Dans T_1, je trace une autre ellipse (C' O' D', $C\,O_2\,D$) (f_{32}, f_{33}).

Les distances $A'C' = B'D' = a' - a$ et $O_1\,O_3 = O_2\,O_4 = k$ sont choisies au mieux pour l'aspect.

La surface de la voussure est engendrée par une droite horizontale $m\,n$, $m'\,n'$, glissant sur les deux directrices (A' O' B', $A\,O_4\,B$) et (C' O' D', $C\,O_2\,D$)[1].

La courbe en plan de l'avant-bec part suivant A C, au lieu de $A_1\,C_1$ (f_{33}).

On supprime ainsi une bonne partie de l'avant-bec, laquelle ne servait à rien.

1. — Soit $\frac{k}{a' - a} = \lambda$. L'équation de la voussure est : $\lambda^2 b^2 x^2 = z\,(2\,b - z)\,[y - \varphi\,z + \lambda\,a]^2$

Les génératrices telles que $m\,n$, $m'\,n'$ et sa symétrique $m_1\,n_1$, m'_1, n'_1 se coupent dans le plan de profil $O'\,O_1$ (f_{32}, f_{33}), sur la droite P Q (f_{34}). La voussure est un conoïde dont P Q est l'axe.

Il est, d'ailleurs, rationnel que le support du pont soit moins épais sous les trottoirs qui sont moins chargés.

De plus, la voussure dissimule la forte épaisseur de la voûte aux reins.

4. Piles (Pl_2, f_5 à f_{11}). — Les archivoltes sont reçues et arrêtées par les chaperons inclinés qui coiffent les piles ; au-dessous, les piles continuent les courbes d'intrados.

Dans les ponts en ellipse, on ne réussit pas toujours à bien raccorder les assises inclinées des bandeaux avec les assises horizontales des piles. Cette difficulté est, ici, supprimée.

L'avant-bec est en éperon.

En temps de crue, il se forme, en avant, de gros bourrelets d'eau qui écartent de la pile les corps flottants et préviennent les chocs.

En 8 ans, le tuf, très affouillable, n'a pas été affouillé.

Ces heureux résultats, qui n'étaient point prévus, sont à retenir.

5. Pierres, Briques, Béton. — Sont :

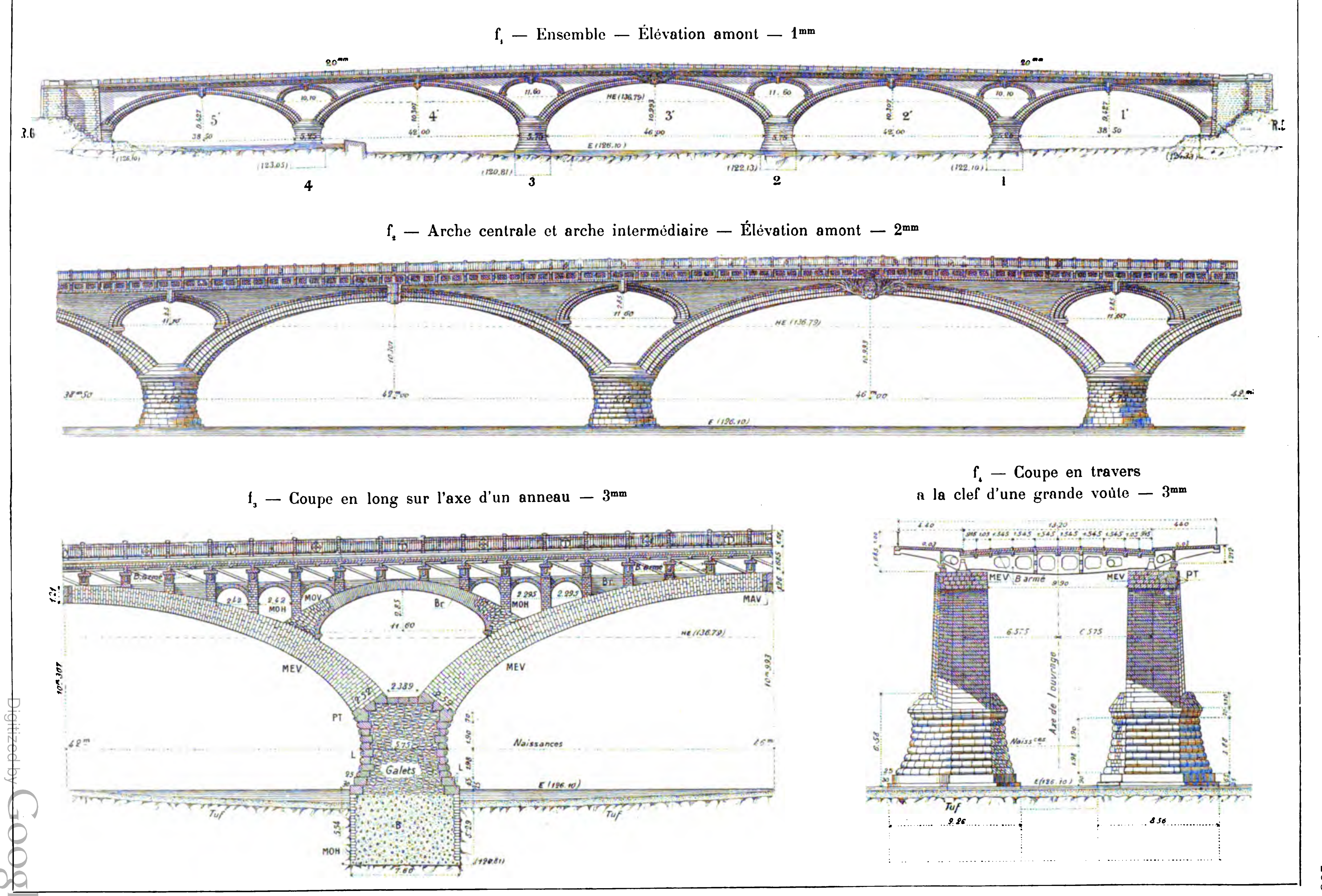
en calcaire de Vianne[5] : les parements des piles, les grandes voûtes, les clefs, cartouches, corniches ;

en galets : le noyau des piles ;

5. — Calcaire lacustre (miocène moyen), Bancs des bords de la Baïse, entre Port-Sainte-Marie et Lavardac (Lot-et-Garonne). Ils ont fourni les ponts sur la Garonne : d'Agen, de Port-Sainte-Marie, de Marmande.....

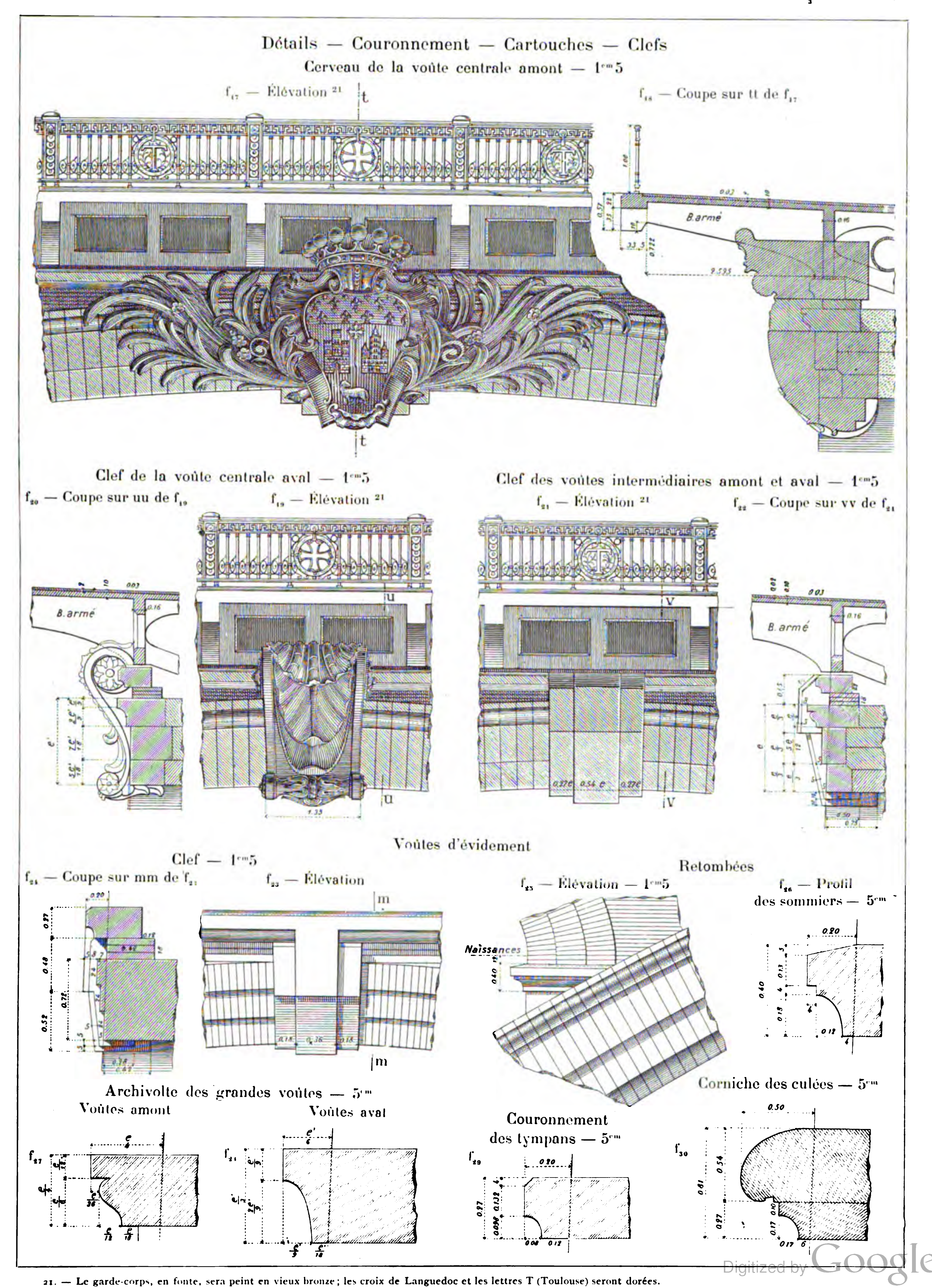
Voici les résultats des essais, faits sur ma demande, au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, en avril et mai 1904, sur des cubes de 7^{cm} :

	Bancs pour grand appareil						Bancs pour petit appareil					
	suivant le lit			normalement au lit			suivant le lit			normalement au lit		
	min.	MAX.	moy.	min.	MAX.	moy.	min.	MAX.	moy.	min.	MAX.	moy.
Poids du mètre cube, sec	2566^{k}	2578^{k}	2573	2574	2582	2580	2495	2512	2504	2603	2605	2604
— imbibé d'eau	2596	2602	2601	2604	2610	2607	2546	2556	2550	2619	2621	2619
Porosité apparente		0,030			0,030			0,053			0,016	
Résistance à la rupture, en Kg $\overline{0.01}^2$												
4 cubes desséchés : 1res fissures	491	884		835	1125		575	860		541	1136	
— écrasement	837	1483	1106	1177	1263	1208	1009	1435	1174	1088	1309	1221
4 cubes imbibés d'eau : 1res fissures	672	1177		772	1086		376	828		734	966	
— écrasement	867	1283	1078	909	1164	1079	492	1141	924	876	1244	1035
Après gels et dégels :												
4 cubes desséchés : 1res fissures	674	1214		892	1044		443	1028		511	793	
— écrasement	844	1425	1146	1046	1238	1135	685	1215	995	750	958	873
4 cubes imbibés d'eau : 1res fissures	319	1099		783	1009		491	934		706	963	
— écrasement	489	1307	864	938	1157	1063	757	1235	1008	958	1228	1075
Coefficient d'élasticité à la compression :												
$\varepsilon = \frac{E\ (Kg/mq)}{10^9}$ 1er prisme		5,06			4,82			3,30			5,75	
2e prisme		5,21			5,00			3,46			5,64	
Dilatation sur 1^m de longueur en microns (μ) :												
pour 100° centigrades		610 μ			620 μ			600 μ			590 μ	
Imbibition à saturation		90 μ			120 μ			80 μ			100 μ	

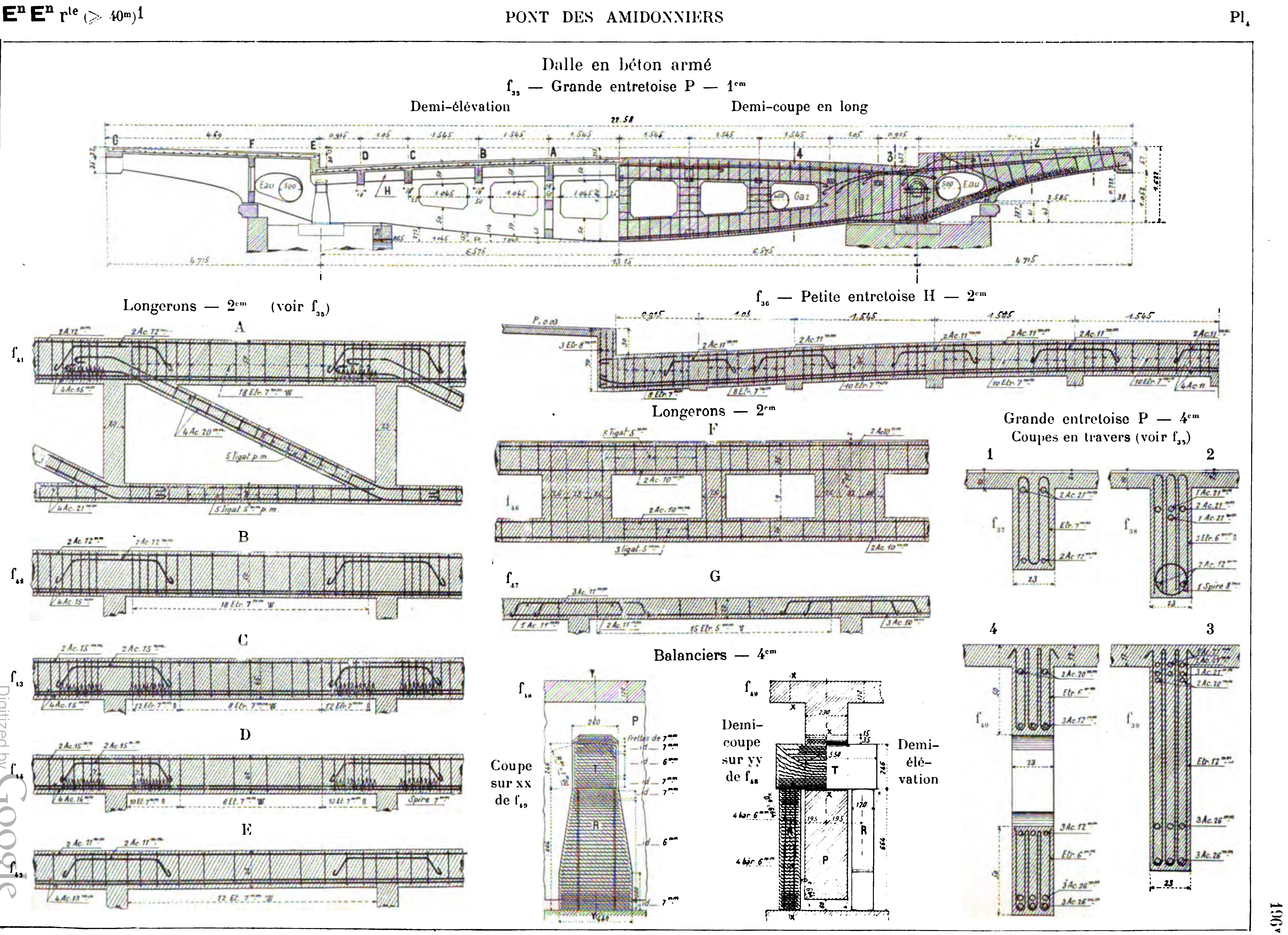


Pour le sens des abréviations PT, L, MAV, MEV,... voir Avertissement, page IV, n° 6.

Pour le sens des abréviations PT, L,...., voir Avertissement, page IV, n° 6.



21. — Le garde-corps, en fonte, sera peint en vieux bronze; les croix de Languedoc et les lettres T (Toulouse) seront dorées.


Dalle en béton armé
f_{35} — Grande entretoise P — 1cm
Demi-élévation
Demi-coupe en long
Eau
Gaz
f_{36} — Petite entretoise H — 2cm
Longerons — 2cm (voir f_{35})
A
B
C
D
E
f_{41}
f_{42}
f_{43}
f_{44}
f_{45}
Longerons — 2cm
F
G
f_{46}
f_{47}
Grande entretoise P — 4cm
Coupes en travers (voir f_{35})
1
2
3
4
f_{37}
f_{38}
f_{39}
f_{40}
Balanciers — 4cm
f_{48}
f_{49}
Coupe sur xx de f_{49}
Demi-coupe sur yy de f_{48}
Demi-élévation

en brique blanche de Tarbes : les bandeaux des voûtes d'élégissement ;
en brique rouge de Toulouse[6] : leurs douelles et les tympans ;
en béton de chaux : les massifs de fondation.

6. Mortiers.

A. - Ciment artificiel Vicat n° 1 à 600^k.

Fondations :

des piles : couche de béton de 30^c sur le sol ; couronnement des parafouilles et pavage du radier entre les massifs amont et aval ;

des culées : assise de moellons de 30^c sur le sol.

Élévation :

Grandes voûtes ; voûtes d'élégissement en briques ; murs transversaux portant les poutres en béton armé (haut et bas).

Piles : chaperons (parements et corps), assises sous les chaperons.

Demi-piles contre les culées : parements et chaperons.

Culées : Voûte verticale en ellipse entre les deux ponts ; couronnement et parapet.

B. - Chaux Pavin de Lafarge, ficelle blanche : Toutes les autres maçonneries.

C. - Sable.

Maçonneries : Pour toutes les maçonneries, sable de la Garonne, à Toulouse.[6]

Béton de la dalle : le sable, meilleur, du Tarn à Moissac.[7]

7. Dalle en béton armé (Pl_4, f_{35} à f_{49}). — *A. - Grandes entretoises et longerons.* — Sur l'axe des deux anneaux du pont, reposent, de 3^m en 3^m en moyenne, de grandes entretoises transversales P. Leur face supérieure suit la courbe de la chaussée ; leur face inférieure est en ventre de poisson.

Elles sont largement évidées.[8]

Il fallait une dalle légère sur ces légères voûtes.

6. — Cette brique est médiocre. On a, cependant, dû l'employer.

7. — Essais faits au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées (février 1906) sur du mortier plastique à 600^k de ciment.

Sable de		Eau de gâchage °/°	Résistance moyenne par $\overline{0^m01}^2$ (moyenne de 6 essais)					
			à la compression			à la traction		
Toulouse	Moissac		à 7 jours	à 28 jours	à 84 jours	à 7 jours	à 28 jours	à 84 jours
1me	»	12	163^k	239^k	284^k	11^k2	16^k4	23^k1
$3/4^{me}$	$1/4^{me}$	12,4	163	241	280	12,2	18,2	24,4
tamisé à 5^{mm}								
$1/2^{me}$	$1/2^{me}$	11,7	217	296	351	13,2	19,2	25
tamisé à 5^{mm}								
$1/4^{me}$	$3/4^{me}$	11,6	226	320	387	13,8	19,5	24,2
tamisé à 5^{mm}								
»	1me	11,4	251	349	410	14	19,5	24,4

8. — Par les évidements, passent des conduites d'eau et de gaz.

B. - Hourdis.

1° sous chaussée. — Il a 12^{cm} d'épaisseur.

Il est raidi, entre les grandes entretoises, par une petite (H, f_{36}) et par les longerons.

Il est recouvert de 6 couches de coaltar, puis d'une forme en béton de ciment de 5^{cm}, puis d'un enduit en mortier de ciment de 1^{cm}, enfin des pavés en bois.

2° sous trottoirs. — Il a 8^{cm} d'épaisseur, et est recouvert de 13^{mm} de mortier de ciment, puis de 7^{mm} de mortier au carborundum[9] (1 volume de carborundum, 1 volume de ciment).

Φ_3



C. - Calculs. — La dalle portera deux voies d'un chemin de fer départemental et deux voies de tramway.

Les calculs ont été faits d'après les Instructions d'octobre 1906, avec les surcharges suivantes :

sur les trottoirs, 400^k par mq.

sur la chaussée, 2 locomotives de 40 tonnes et 3 files de tombereaux de 11 tonnes.

D. - Dilatation. — C'était une question fort délicate.

Au pont de Fontpédrouse, sur la ligne de Villefranche à Bourg-Madame (dalle

9. — Comme à des escaliers de stations du Métropolitain, à Paris.
Le carborundum est obtenu par la réaction du charbon sur la silice au four électrique.

légère de 4ᵐ de largeur, 220ᵐ de longueur), nous avons chaîné les tympans, engagé dans les maçonneries les consoles sous trottoirs, ancré solidement la dalle à ses deux extrémités.

La dalle de Toulouse a 22ᵐ de large, 230ᵐ de long, — un point haut au milieu qui la fixe.

Je n'ai pas osé l'ancrer aux culées : les matériaux auraient travaillé beaucoup plus par la température que par les surcharges.

Le mieux m'a paru de la poser, comme une poutre métallique, sur rouleaux ; à leur place, MM. Considère, Pelnard et Lossier, adjudicataires de la dalle, ont proposé le dispositif que voici (Pl_4, f_{48}, f_{49}) :

à l'appui, les grandes entretoises P sont percées d'un trou carré dans lequel passe une pièce T.

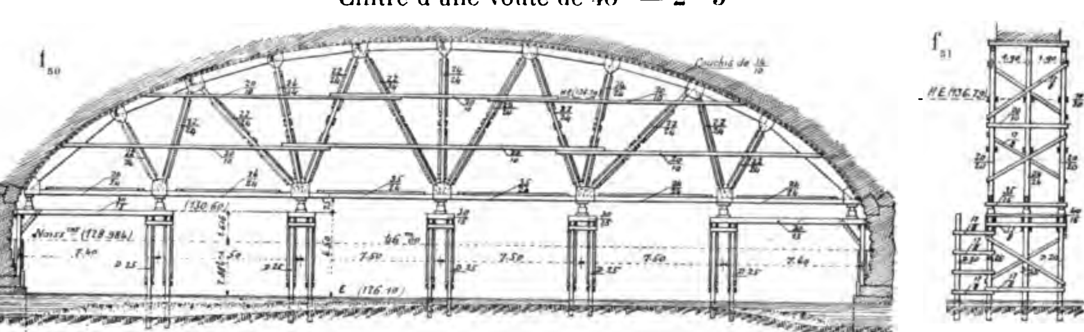
P s'appuie sur la face supérieure arrondie de T.

T est portée à ses extrémités par deux pendules R[10], arrondis en haut et en bas, verticaux pour la température de + 15°, permettant les mouvements de la dalle entre — 13° et + 43°.

8. Cintres.

A. - Type (f_{50}, f_{51}). — Celui du pont Antoinette.[11]

Cintre d'une voûte de 46ᵐ — 2ᵐᵐ5



B. - Mise en place des pieux (Φ_4, f_{52} à f_{53}). — Quand on y bat un gros pieu, le tuf de fondation s'étoile.

On y a, comme aux ponts de Lavaur[12] et Antoinette[11], foré des trous, puis descendu les pieux coupés normalement.

Voici comment on a opéré :

On fore à la tarière un trou de 30ᵐᵐ, profond de 0ᵐ75 ; on y engage un axe portant une roue à dents verticales. En tournant, les dents dégagent un noyau qu'on abat. On descend à frottement dur un manchon de tôle, puis, le pieu, sur

10. — En décembre 1909 on a essayé deux pendules au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Les résultats seront donnés : 2ᵐᵉ Partie, Livre I — Tome IV.

11. — $\hat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^5$ — Tome II.

12. — $\hat{A}^1$ F^r $(\geqslant 40^m)^4$ — Tome II.

10cm de gravier. On l'entoure de menu gravier, et on y injecte un coulis de ciment.

Φ_4 — Mise en place des pieux du cintre — Forage des trous dans le tuf



Les pieux, ainsi placés, ont très bien résisté.

Quelques pieux isolés ont été arrachés par de fortes crues. D'autres, plus nombreux, ont été cassés au-dessus du manchon de tôle ; la base est toujours restée en place.

Pour 305 pieux, la mise en place a coûté de 15f à 48f : en moyenne, 35f.

C. – Cube au-dessus des boîtes à sable.

		Voûte de : 46m	42m	38m50
d'une ferme	de rive	13mc18	10mc32	8mc07
	intermédiaire	18mc53	14mc67	11mc29
des trois fermes (C_1)		44mc89	35mc31	27mc45
des pièces communes : contrevents, platelage, couchis, voussure de la tête amont (C_2)	amont	18mc57	16mc96	15mc33
	aval	17mc32	15mc79	14mc29
Total ($C_1 + C_2$)	amont	63mc46	52mc27	42mc78
	aval	62mc21	51mc10	41mc74

D. - Prix de revient du mètre cube de bois.

	Voûte de 46ᵐ		Voûte de 42ᵐ R. D.		Voûte de 38ᵐ50 R. D.	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Bois équarri et pieux........	94 f 41	93 f 26	96 f 71	95 f 31	96 f 77	96 f 01
Bois équarri seul............	75 f 69	76 f 20	78 f 08	78 f 55	79 f 54	80 f 23

Pour préparer, tailler, monter, démonter et enlever les 6 cintres, on a, en moyenne, par mètre cube, employé 17 heures et dépensé 9 f.

Φ_5 — Crue du 17 décembre 1906



9. Fondations. — A l'emplacement du pont, le lit est balayé par la chute du barrage du Bazacle, qui est à 360ᵐ en amont. Sur les 2/3, le tuf est à nu : argile sableuse, marne avec veines de calcaire, amandes de sable agglutinées par places en mollasse.

Le tuf est incompressible, imperméable, lentement affouillable.

Comme on l'a dit plus haut, on n'y peut pas battre de gros pieux.

On a fondé par épuisements dans des batardeaux tenus par de vieux rails ou des barres de fer aiguisés.

Les crues de la Garonne sont hautes et courtes : on a donc fait des batardeaux bas, noyés pendant les crues.

A l'abri des batardeaux, on est descendu dans le tuf de 3m55 à 5m34 en contre-bas de leur pied.

On y a rencontré quelques veines perméables : on en conduisait l'eau à un puisard par de petites rigoles creusées dans le tuf.

A la pile n° 2 (amont), on trouva au fond une source jaillissante ; on la coiffa d'un tuyau en zinc, où elle s'éleva de 2m20 ; on le maçonna.

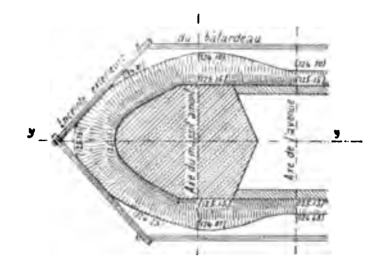
A la pile n° 3, le tuf était creusé de sillons remplis de gravier. Par là, l'eau arrivait à flots sous le batardeau. On y injecta avec succès du ciment à travers l'argile du batardeau.

Entre les piles amont et aval, le tuf est protégé par un radier maçonné, défendu latéralement par des parafouilles fondés aussi bas que les piles.

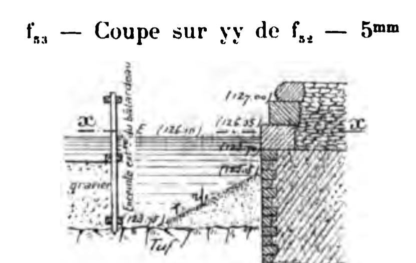
Le vide, entre le massif de fondation des piles et le tuf, a été rempli de ciment coulé sous pression ; de plus, tout autour des fondations de la pile n° 3, on a exécuté un glacis de béton de ciment (f_{52}, f_{53}).

Pile n° 3

f_{52} — Coupe horizontale sur xx de f_{53} — 2mm

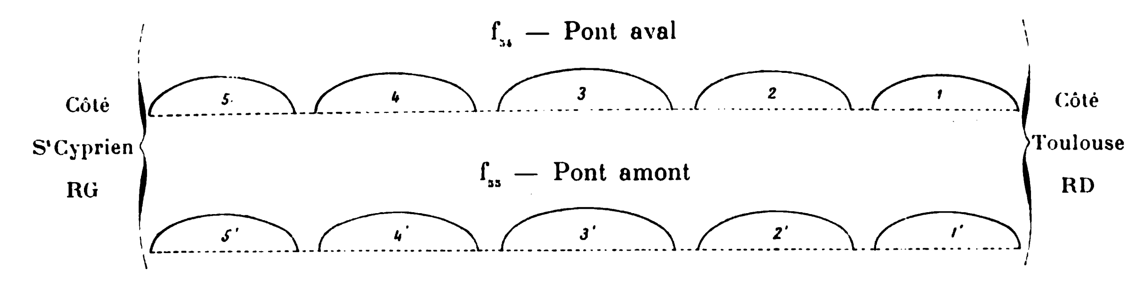


f_{53} — Coupe sur yy de f_{52} — 5mm



10. Exécution des voûtes.

A. Nombre de cintres. — A chaque pont, on a employé 3 cintres :
1 et 1' transportés ensuite en 5 et 5' (f_{54}, f_{55}) ;
2 et 2' transportés ensuite en 4 et 4' ;
et 3 et 3'.



On a exécuté ensemble : d'abord les voûtes 1 et 1' ; puis 2 et 2' ; puis 3 et 3'.
On a décintré d'abord 1 et 1' ; ensuite 2 et 2', 3 et 3' étant clavées.
On a porté en 4 et 4' les cintres 2 et 2' ; puis, en 5 et 5' les cintres 1 et 1'.
On a exécuté les voûtes 4 et 4', puis 5 et 5'.

B. Mode d'exécution. — Chaque voûte a été construite en trois rouleaux, en suivant exactement la méthode employée au Pont de Lavaur [13].

C. Dimensions des rouleaux.

C_1 — *Nombre de moellons par rouleau.* — Le bandeau amont des voûtes amont, le bandeau aval des voûtes aval, ont un seul moellon à chaque rouleau.

Le corps des voûtes et les bandeaux intérieurs ont, aux reins, jusqu'à 11° de la clef, alternativement un et deux moellons par rouleau ; au cerveau, 1 moellon.

C_2 — *Epaisseur des rouleaux*

Voûtes de :					1er rouleau Epaisseur max.	1er rouleau Epaisseur min.	2e rouleau Epaisseur max.	2e rouleau Epaisseur min.	3e rouleau Epaisseur max.	3e rouleau Epaisseur min.
46m		amont	Bandeau amont		0m66	0m42	0m825	0m525	0m495	0m315
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,57	0,50	0,59	0,38	0,67	0,38
				Reins	1,03	0,57	0,78	0,59	0,78	0,67
		aval	Bandeau aval		0,863	0,42	0,863	0,42	0,863	0,42
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,56	0,50	0,58	0,38	0,67	0,38
				Reins	1,03	0,56	0,78	0,58	0,78	0,67
42m	rive droite	amont	Bandeau amont		0,64	0,403	0,80	0,504	0,48	0,303
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,54	0,49	0,55	0,36	0,65	0,36
				Reins	1,00	0,54	0,76	0,55	0,76	0,65
		aval	Bandeau aval		0,84	0,403	0,84	0,403	0,84	0,403
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,54	0,49	0,545	0,36	0,63	0,36
				Reins	1,00	0,54	0,76	0,545	0,76	0,63
	rive gauche	amont	Bandeau amont		0,64	0,403	0,80	0,504	0,48	0,303
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,58	0,49	0,54	0,36	0,66	0,36
				Reins	1,00	0,58	0,76	0,54	0,76	0,66
		aval	Bandeau aval		0,84	0,403	0,84	0,403	0,84	0,403
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,54	0,49	0,56	0,36	0,69	0,36
				Reins	1,00	0,54	0,76	0,56	0,76	0,69
38m,50	rive droite	amont	Bandeau amont		0,613	0,393	0,767	0.492	0,46	0,295
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,52	0,48	0,52	0,35	0,63	0,35
				Reins	0,97	0,52	0,73	0,52	0,73	0,63
		aval	Bandeau aval		0,81	0,393	0,81	0,393	0,81	0,393
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,50	0,48	0,52	0,35	0,64	0,35
				Reins	0,97	0,50	0,73	0,52	0,73	0,64
	rive gauche	amont	Bandeau amont		0,613	0,393	0,767	0,492	0,46	0,295
			Corps et bandeau aval	*Cerveau*	0,56	0,48	0,56	0,35	0,69	0,35
				Reins	0,97	0,56	0,73	0,56	0,73	0,69
		aval	Bandeau aval		0,81	0,393	0,81	0,393	0,81	0,393
			Corps et bandeau amont	*Cerveau*	0,54	0,48	0,56	0,35	0,69	0,35
				Reins	0,97	0,54	0,73	0,56	0,73	0,69

D. Renseignements sur l'exécution des voûtes autres que le prix de revient

Voûtes de :			Dates (1905-1906-1907)		Cube de maçonnerie (en mètres cubes)				1 mc de maçonnerie de voûte a exigé :		
			du commencement	de la fin	total	exécuté par journée de 10 heures de travail effectif			Heures[14] de		Poids de ciment (en kg)
						Cube maximum	Cube moyen exécuté par l'ensemble des maçons	Cube moyen exécuté par maçon	maçons	manœuvres	
46m	amont	1er rouleau	27 - III-06	7 - IV-06	107	15	11,4	1,4	7,04	4,05	99
		2e —	2 - V	9 - V	94	17	14,6	1,8	5,46	3,47	112
		3e —	9 - V	19 - V	112	14	11,0	1,4	7,31	4,18	133
		Total, moyennes	»	»	*313*	*16*	*12,0*	*1,5*	*6,66*	*3,92*	*115*
	aval	1er rouleau	15 - III	3 - IV	108	18	13,4	1,7	5,97	3,36	105
		2e —	6 - IV	17 - IV	92	23	14,6	1,9	5,40	2,78	117
		3e —	17 - IV	30 - IV	108	17	12,1	1,5	6,60	3,95	139
		Total, moyennes	»	»	*308*	*21*	*13,3*	*1,7*	*6,02*	*3,40*	*121*
42m	RD amont	1er rouleau	19 - I	5 - II	88	18	12,9	1,3	7,75	4,62	114
		2e —	16 - II	21 - II	80	23	15,9	2,0	5,02	3,61	128
		3e —	6 - III	17 - III	98	19	12,3	1,4	7,32	4,26	149
		Total, moyennes	»	»	*266*	*21*	*13,3*	*1,5*	*6,78*	*4,18*	*131*
	RD aval	1er rouleau	12 - I	27 - I	92	20	13,4	1,3	7,48	4,18	117
		2e —	5 - II	16 - II	75	19	16,6	2,1	4,80	3,45	135
		3e —	22 - II	7 - III	100	17	11,9	1,3	7,60	5,22	143
		Total, moyennes	»	»	*267*	*19*	*13,3*	*1,5*	*6,78*	*4,37*	*132*
	RG amont	1er rouleau	20 - X	9 - XI	90	12	8,4	0,9	10,75	6,11	119
		2e —	17 - XI	26 - XI	78	18	13,2	1,5	6,81	3,44	128
		3e —	11 - XII	26 - XII	98	14	9,9	1,1	9,12	4,32	156
		Total, moyennes	»	»	*266*	*15*	*10,0*	*1,1*	*9,00*	*4,67*	*135*
	RG aval	1er rouleau	10 - X	29 - X	90	13	9,3	1,3	7,51	5,58	107
		2e —	9 - XI	24 - XI	78	15	12,1	1,5	6,60	3,49	119
		3e —	26 - XI	28 - XII	99	11	9,1	1,0	9,92	5,18	159
		Total, moyennes	»	»	*267*	*13*	*9,8*	*1,2*	*8,14*	*4,82*	*130*
38m,5	RD amont	1er rouleau	23 - XI-05	14-XII-05	75	12	7,7	1,1	9,11	7,31	119
		2e —	18 - XII	23-XII	69	17	14,4	1,6	6,33	3,83	123
		3e —	2 - I - 06	12-1 - 06	88	16	11,2	1,4	7,34	4,66	151
		Total, moyennes	»	»	*232*	*15*	*10,5*	*1,3*	*7,61*	*5,27*	*132*
	RD aval	1er rouleau	8 - XI - 05	1-XII-05	77	11	6,4	1,1	9,35	6,75	120
		2e —	9 - XII	19-XII	70	17	9,5	1,4	7,37	5,23	124
		3e —	22 - XII	3-I - 06	86	15	8,7	1,1	9,24	5,01	142
		Total, moyennes	»	»	*233*	*14*	*8,0*	*1,1*	*8,72*	*5,65*	*129*
	RG amont	1er rouleau	8 - I - 07	28 - I - 07	77	11	7,8	1,1	8,92	5,00	127
		2e —	29 - I	11 - II	71	15	10,0	1,4	6,99	4,30	140
		3e —	23 - II	11 - III	84	13	9,0	1,3	7,76	4,02	149
		Total, moyennes	»	»	*232*	*13*	*8,8*	*1,3*	*7,91*	*4,43*	*139*
	RG aval	1er rouleau	26-XII-06	18 - I - 07	77	12	8,6	1,1	9,29	5,35	125
		2e —	19-I - 07	31 - I	70	16	12,2	1,5	6,54	3,76	127
		3e —	11-II	22 - II	86	13	11,2	1,4	7,15	5,03	155
		Total, moyennes	»	»	*233*	*14*	*10,4*	*1,3*	*7,67*	*4,76*	*137*

14. Non compris les heures du chef de chantier et celles occupées à fabriquer le mortier et à barder les matériaux.

11. Dépenses [15].

	Anneau amont	Anneau aval	Ensemble
Au-dessous des chaperons :			
Pile n° 1	19.892 f	19.414 f	39.306 f
— 2	23.893 f	22.946 f	46.839 f
— 3	30.416 f	27.395 f	57.811 f
— 4	20.675 f	19.746 f	40.421 f
Culées	27.195 f	27.742 f	54.937 f [16]
Chaperons des 4 piles	21.169 f	20.777 f	41.946 f
Voûtes de :			
46ᵐ	26.845 f	25.318 f	52.163 f
42ᵐ rive droite	21.588 f	21.628 f	43.216 f
— rive gauche	21.556 f	21.593 f	43.149 f
38ᵐ50 rive droite	18.723 f	18.820 f	37.543 f
— rive gauche	18.717 f	18.822 f	37.539 f
Cintres des grandes voûtes :			
au-dessous des boites à sable	24.068 f		60.210 f [17]
au-dessus —	36.142 f		
Installations et pont de service			66.549 f [18]
Culées à partir du dessous des chaperons			71.542 f [19]
Voûtes d'élégissement et leurs cintres ; tympans, murs transversaux			66.094 f
Plinthe sur les tympans			7.949 f
Dalle en béton armé			275.000 f
Pavage en bois (et enduits sur la dalle)			57.000 f
Garde-corps en fonte			42.000 f
Sculpture des cartouches aux clefs des voûtes de 46ᵐ			4.500 f
Total			1.145.714 f

15. — Non compris : frais de personnel, appareils de contrôle, essais, épreuves, maquettes, réfection d'une digue à la suite d'une crue, perrés sous les voûtes de rive, gravier et remblai derrière les culées, entre les murs en retour.

Y compris, pour réparation de dégats causés par les crues :
16. — 925 f 17. — 5.383 f 18. — 27.174 f 19. — 299 f.

Prix de revient du mètre cube de grande voûte	Voûtes de : 46m		42m				38m,50			
			RD		RG		RD		RG	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Main d'œuvre										
Exécution de la maçonnerie...	5f56	4f97	5f57	5f68	7f11	6f75	6f58	7f44	6f57	6f43
Fabrication du mortier........ (mélange et force motrice)	0 71	0 72	0 64	0 71	0 83	0 87	0 68	0 77	0 96	0 91
Bardage des matériaux,....... (y compris la force motrice)	3 22	2 83	2 34	2 35	2 98	3 75	2 67	3 47	3 20	3 26
	9f 49	*8f 52*	*8f 55*	*8f 74*	*10f 92*	*11f 37*	*9f 93*	*11f 68*	*10f 73*	*10f 60*
Fournitures										
Ciment artificiel Vicat n° 1....	7 81	8 19	8 93	8 97	9 20	8 83	9 01	8 77	9 45	9 29
Sable.........................	0 38	0 40	0 43	0 44	0 45	0 43	0 44	0 43	0 46	0 46
Pierre de taille.............. (parements non compris)	13 36	11 34	10 31	10 90	10 31	10 90	10 17	10 85	10 17	10 85
Moellons équarris et d'appareil.	28 77	28 91	30 51	29 43	31 00	29 64	30 39	29 79	30 57	30 05
Parements des bandeaux...... (y compris tous ravalements et ragréements)	4 92	4 91	5 90	5 72	6 25	5 92	6 49	6 52	7 03	6 56
	55f 24	*53f 75*	*56f 08*	*55f 46*	*57f 21*	*55f 72*	*56f 50*	*56f 36*	*57f 68*	*57f 21*
Divers										
Assises à sec................. (y compris plomb, cales en chêne, chanvre, etc.	0 54	0 55	0 64	0 64	0 64	0,64	0 73	0 73	0 73	0 73
Taquets et coffrages...........	0 18	0 17	0 28	0 19	0 28	0 30	0 29	0 42	0 25	0 21
Liteaux en sapin dans les joints vus, calfatage des joints à l'extrados, spatules pour les clavages, rejointoiements...	1 19	1 17	1 61	1 37	1 44	1 12	1 72	1 57	1 25	1 36
Divers........................	0 10	0 10	0 11	0 11	0 12	0 11	0 11	0 11	0 12	0 12
	2f 01	*1f 99*	*2f 64*	*2f 31*	*2f 48*	*2f 17*	*2f 85*	*2f 83*	*2f 35*	*2f 42*
Total [20]...	*66f 74*	*64f 26*	*67f 27*	*66f 51*	*70f 61*	*69f 26*	*69f 28*	*70f 87*	*70f 76*	*70f 23*

20. — Non compris :
outils, frais généraux et faux frais (environ 11 °/₀):
pont de service, échafaudages, appareils, machines (environ 5 °/₀.

12. Economie du pont en deux anneaux. — Le pont avait été mis au concours en 1901.

Le Jury, présidé par M. Résal, a alloué la première prime à un pont métallique à 7 travées de 35m, le moins cher des projets présentés, 938.673f; mais il conseillait de l'écarter comme trop indigent d'aspect et estimait à 200.000f au moins « *le sacrifice à faire pour obtenir, au point de vue architectural, le minimum de* « *satisfaction.* »

Le plus économique des projets entièrement en béton armé, coûtait 1.200.000f. Or, des piles en béton armé n'étaient pas acceptables dans la Garonne ; elle roule de gros galets durs, qui eussent bien vite usé le parement des piles et mis le fer à nu.

Le pont exécuté coûte 1.146.000f soit, y compris le pavage en bois, 202f le m. q. de surface horizontale entre parapets.

Par rapport à un pont « plein » en maçonnerie, ç'a été une économie de 300.000f.

Il paraît coûter environ 200.000f de plus que la poutre droite à travées de 35m ; mais il a entre parapets 22m au lieu de 16m, soit 37 ½ % de plus, ses piles sont encastrées dans le tuf de 3m en moyenne au lieu des 2m prévus ; sa chaussée est pavée en bois et non empierrée.

On y a, d'ailleurs, dépensé quelque 80.000f pour qu'il soit digne de Toulouse : (5 voûtes au lieu de 7, piles revêtues de pierre de taille, archivoltes, voussure, clefs, cartouches).

Enfin les crues ont coûté 34.000f.

13. Personnel.

Ingénieurs :

Projet : M. Séjourné, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Exécution : Ingénieur en Chef, M. Séjourné,
Ingénieur, M. Lannusse,
Sous-Ingénieur, M. Boué,

Entrepreneurs :

Pont : MM. Murat frères.

Dalle en béton armé : MM. Considère, Pelnard et Lossier.
MM. Murat.

Garde-corps en fonte : Société A. Durenne.

Sculpture des cartouches : M. Fourès.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CONDUITE D'EAU

(AQUEDUCS)

Série E^n aq ($\geqslant 40^m$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CONDUITE D'EAU

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE		PROJET — GRANDES VOÛTES					
	Longueur de l'ouvrage Déclivité Hauteur maxima de l'ouvrage au-dessus du sol ou de l'étiage	Largeur *entre tympans sous la plinthe* Fruit des tympans	INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure : à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/$\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	3	3	4	5	6	7	8	9
de **Pont-sur-Yonne** *France* 1870-1873 E^n aq ($\geqslant 40^m$)1 *156 arches* *Celle de 40m, en ellipse à 1/5 est entre 2 de 30m en ellipse, à 1/4*	*1495m 47* » 11m	*au cerveau : 4m 60* *aux reins : 5m* Pas de fruit	Ellipse 40m,00 *8m, 00* $\frac{1}{5}$ = 0,20 *50m* *3m 20*	1m,10 1m,18 après réfection du cerveau	1m,10 1m,18 après réfection du cerveau	Béton *Chaux 0mc 250* *Ciment 0mc 125*		1° 10 voûtes transversales vues en plein cintre, de 1m10 à 2m133 sur piles de 0m27 à 0m35 2° »

(AQUEDUCS) **SÉRIE E^n aq (⩾ 10m)**

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION								CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER **Q** DÉPENSE **D**
FONDATIONS	GRANDES VOÛTES							
	CINTRES							
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses		MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF	
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg/0m01² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Écartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [1]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décin-trement t'_v après t''_v	Totaux et par unité de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17	18
Gravier	Retroussé sur 15m (marinier)				Béton pilonné par couches horizontales	*1er décintrement* 8-9 novembre 1870	Fissures, écrasements. On refait la voûte.	
»						*2e décintrement* 19-20 décembre 1871	t'_v = 102mm Fissures, écrasements. On refait la voûte	
»						*3e décintrement* 3 août 1872	Fissures. $t'_v+t''_v$ (29 août) = 47mm On refait la voûte	
Béton immergé						*4e décintrement* 1er avril 1873	t'_v = 1mm t''_v = 7mm	

1. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*.
3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

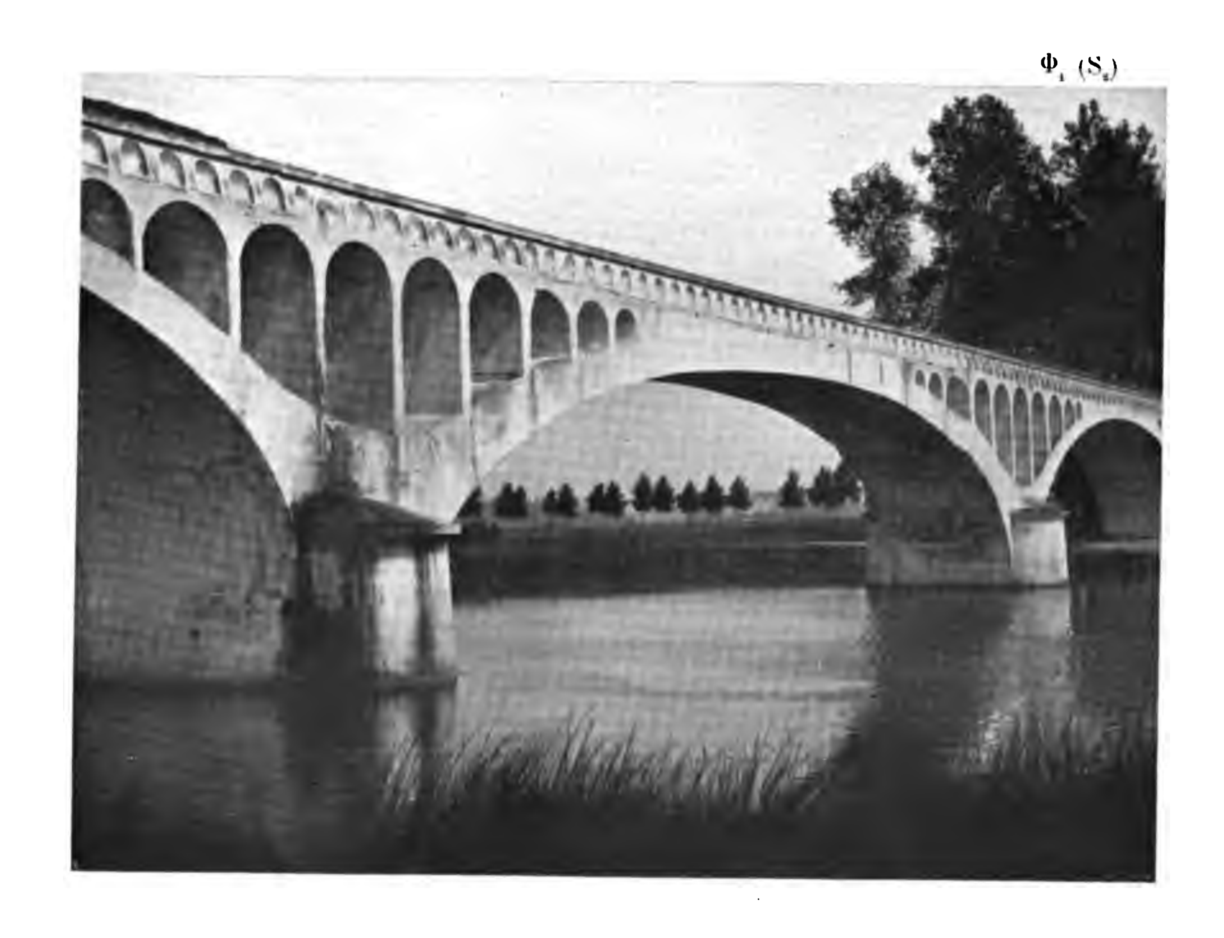
SÉRIE E^{n} aq ($\geqslant$ 40m)

MONOGRAPHIES

PONT-AQUEDUC SUR LA VALLÉE DE L'YONNE PRÈS DE PONT-SUR-YONNE[1] (YONNE)

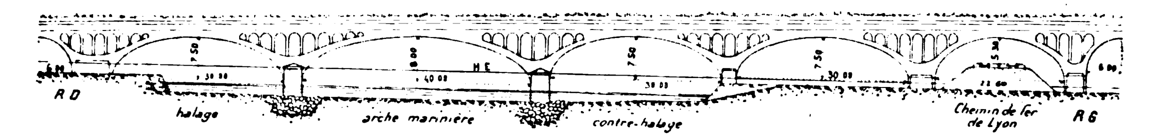
1870-1873 E^{n} aq ($\geqslant$ 40m) 1

Φ_1 (S_1)



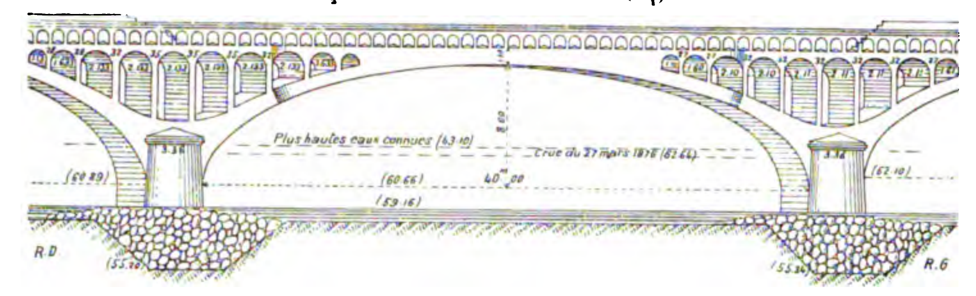
1. — A 2k6 environ en amont de la station de Pont-sur-Yonne (ligne de Paris à Dijon).

f_1 — Ensemble des grandes arches[2] — 0mm75

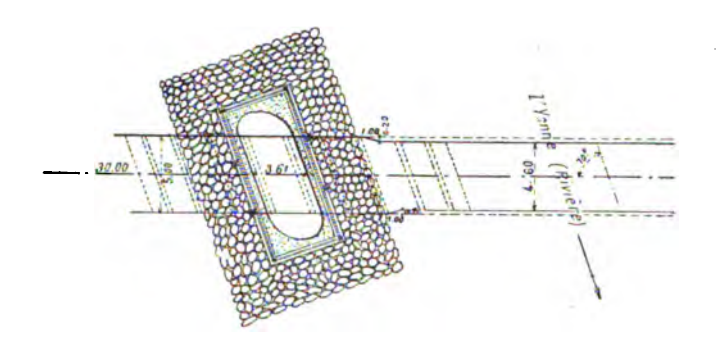


Arche de 40m

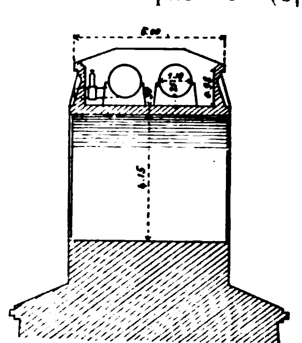
f_2 — Élévation — 2mm (S₁)



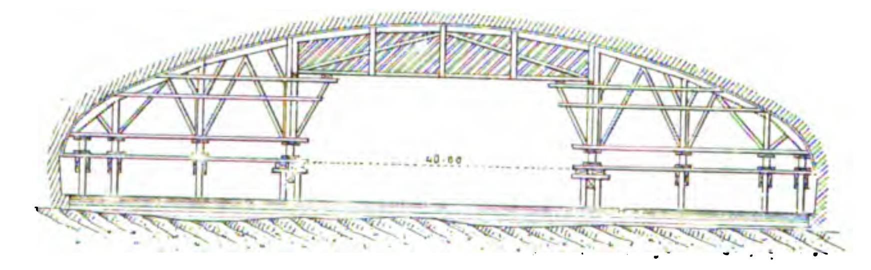
f_3 — Coupe horizontale — 2mm (S₁)



f_4 — Coupe en travers sur l'axe d'une pile — 4mm (S₁)



f_5 — Cintre — 2mm5 (S'₁)



2. — Ville de Paris. — Service technique des Eaux et de l'Assainissement. — *Atlas de la dérivation des Sources de la vallée de la Vanne*, MCM, Pl. 12.

1. Ensemble de l'ouvrage. — L'eau dérivée de la Vanne, pour alimenter Paris, traverse la vallée de l'Yonne dans deux tuyaux portés par un pont de 156 arches en « *béton aggloméré Coignet* » : 150 ont de 6 à 12m d'ouverture, 2 ont 22m60, 3 ont 30m et une a 40m [3].

2. Quelques observations. — La largeur entre têtes de la voûte de 40m, qui est de 5m aux reins, est réduite par un pan coupé à 4m60 au cerveau.

Tout l'ouvrage est enduit d'un badigeon, jadis blanc.

Sur ce pont, biais à 70°, les voûtes d'élégissement tombent mal; plusieurs sont fendues à la clef; des piédroits sont cassés à leur pied.

3. Fondations. — Les piles sont fondées sur béton immergé dans une enceinte, sur le gravier, à 2m70 environ au-dessus de la craie [4].

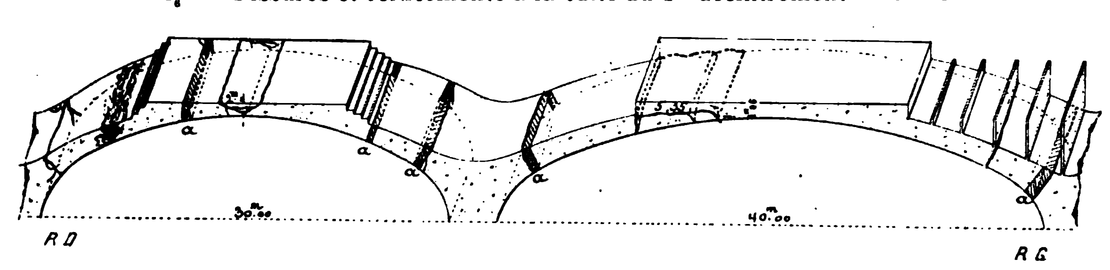
4. Exécution des grandes voûtes. — Le béton a été pilonné par couches horizontales (S''_1); je n'en ai pas retrouvé le dosage. Celui du mortier était, pour la voûte de 40m, de 4 volumes de sable, 1 volume de chaux, et 1/2 volume de ciment.

On ménagea des vides en forme de voussoirs (*a* de f_6) que l'on ferma « *en* « *béton spécial d'une qualité supérieure* » (S'_1).

5. Premier décintrement (8 et 9 novembre 1870). — On décintra, ces jours-là, la voûte de 40m et sa voisine de rive droite.

Elles se fendirent, s'écrasèrent (f_6) (S'_1).

f_6 — Fissures et écrasements à la suite du 1er décintrement — 1mm8



En 1871, on les démolit, puis on les reconstruisit, le béton étant toujours pilonné par couches horizontales (S''_1).

On ménagea cette fois à la voûte de 40m, non plus deux, mais 13 « *claveaux* » en « *béton spécial* » (*a* de f_7) (S''_1).

3. — *Loc. cit., renvoi* 2. Pl. 10, 11, 12.

4. — Explorations au scaphandre faites en février 1872 et sondages faits en mars 1872 (*Notes du Conducteur à l'Ingénieur :* 22 février 1872, 14 mars 1872) (S_1).

6. Deuxième décintrement (19 et 20 décembre 1871). — Le 19 décembre, deux mois seulement après la mise en place du béton, lequel n'était pas encore sec (S''_1), on décintra les deux voûtes de 30^m rive gauche. Elles tassèrent de 12 à 18^{mm}.

Le 20, on décintra, le matin, celle de 30^m rive droite (reconstruite), qui tassa de 10^{mm} ; puis, le soir, celle de 40^m (reconstruite).

Elle tassa de 102^{mm}, pendant que la voûte adjacente rive droite, décintrée le matin, se relevait de 80^{mm}.

Mais, en même temps, s'ouvraient la clef et les reins de la voûte de 40^m, et aussi son tablier (fissures F de f_7 et f_8). La voûte paraissait tourner autour de la verticale du centre dans le sens des flèches (f_8), les joints *m* saillant sur les tympans de 2^{mm} environ.

Fissures et écrasements à la suite du 2ᵉ décintrement — 2^{mm}

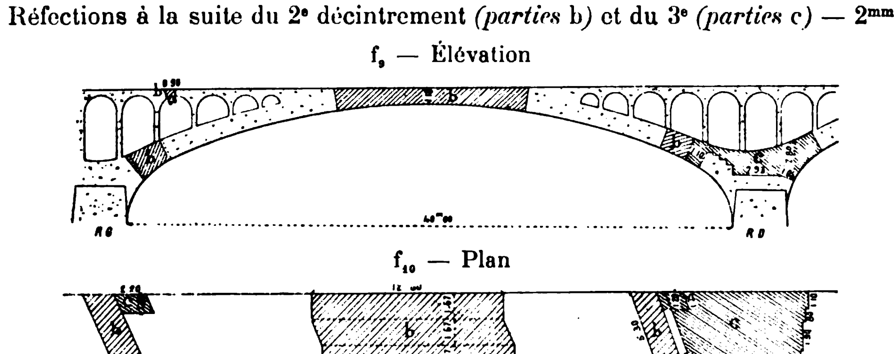
f_7 — Élévation

f_8 — Plan

On cala la voûte sur son cintre, et, en avril et mai 1872 (S''_1, S'''_1), on refit, en maçonnerie de meulière et mortier de ciment à 1 : 3 en volume (S''_1), les parties épaufrées (*b* de f_9, f_{10}) (S'''_1).

Réfections à la suite du 2ᵉ décintrement *(parties* b) et du 3ᵉ *(parties* c) — 2^{mm}

f_9 — Élévation

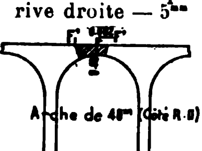


f_{10} — Plan

Puis, les 1ᵉʳ et 2 août, on battit une seconde enceinte de palplanches sur trois côtés à la pile rive droite de la voûte de 40^m, et on coula du béton entre les deux enceintes (S''_1).

7. Troisième décintrement (3 août 1872) (S"$_1$). — Ce même jour-là, on décintra la voûte de 40^m et ses deux voisines.

f_{11} Fissures du tablier de l'arche de 40^m au-dessus de la pile rive droite — 5^{mm}



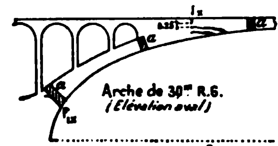
On constata une fissure à la clef de la voûte de 40^m.

Le tablier, qui s'était fendu en F' (f_{11}) au deuxième décintrement, s'ouvre en F'$_1$ à la séparation de la meulière et du béton (S"$_1$).

Le 5 août, la pile rive gauche est inclinée de 5^{mm}6 aux naissances vers l'arche de 30^m, dans laquelle s'ouvrent de nombreuses fissures; pour l'arrêter, on charge de 22 tonnes le cerveau de cette voûte.

Les fissures s'ouvrent le matin et se referment le soir; elles s'ouvrent moins à l'amont, qui est au Levant, qu'à l'aval.

f_{12} — Fissures de la demi-voûte de 30^m rive gauche, du côté de la voûte de 40^m 2^{mm}



« *L'affaissement de la grande voûte peut être attribué* « *au mauvais état de la voûte rive gauche*[5] » (S"$_1$) ; le 26 août, on constate que « *par suite de délitements* « *horizontaux et de la fissure verticale* f_x, *la partie* « *intacte de cette voûte se trouve réduite à 0^{m}25* » (f_{12}) (S"$_1$).

A. – **Tassements** [*abaissements* (+) ; *relèvements* (–)].

Dates 1872	Voûte de 30^m rive gauche (contre-halage)		*Voûte de 40^m (marinière)*		Voûte de 30^m rive droite (halage)		Heures des observations
	Partiels	Cumulés	*Partiels*	*Cumulés*	Partiels	Cumulés	
Août 3 (3e décintrement)	– 8^{mm}	– 8^{mm}	+ *18^{mm}*	+ *18^{mm}*	– 5^{mm}	– 5^{mm}	De 10 h. (avant le décintrement) à 3 h.
6	+ 1	– 7	+ *12*	+ *30*	+ 2	– 3	10 h.
8	0	– 7	+ *5*	+ *35*	– 1	– 4	8 h. 1/2. A 11 h., mêmes résultats.
9	0	– 7	+ *1*	+ *36*	+ 1	– 3	5 h. 1/2 soir.
12	+ 3	– 4	+ *4*	+ *40*	+ 1	– 2	9 h.
12	– 3	– 7	– *4*	+ *36*	– 2	– 4	3 h.
14	+ 2	– 5	+ *2*	+ *38*	+ 2	– 2	6 h. soir.
16	– 1	– 6	– *1*	+ *37*	0	– 2	
19	0	– 6	*0*	+ *37*	– 1	– 3	
20	– 1	– 7	– *1*	+ *36*	– 1	– 4	
26	+ 2	– 5	+ *9*	+ *45*	+ 1	– 3	7 h. matin.
26	– 2	– 7	– *4*	+ *41*	– 1	– 4	2 h.
29	+ 3	– 4	+ *6*	+ *47*	0	– 4	2 h.
30	0	– 4	*0*	+ *47*	– 4	– 8	10 h. La grande voûte est calée à la clef.
Septembre 2	– 7	– 11	– *1*	+ *46*	0	– 8	4 h. La grande voûte est sur cintre ; celle de rive gauche l'est en partie.
4	– 2	– 13	– *2*	+ *44*	0	– 8	2 h.

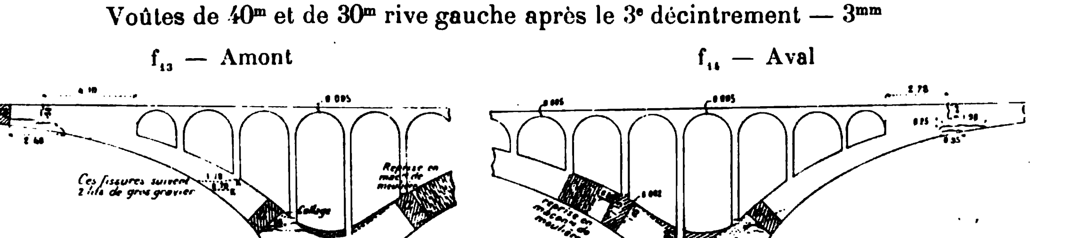
5. — La voûte de 30^m rive droite (halage) est bien pilonnée et composée de béton assez riche (5-1-1/2). Celle de 30^m rive gauche (contre-halage) est faite d'un béton moins riche (4-1-1/2) et est moins soignée ; on y trouve de nombreuses poches de gros sable (S"$_1$).

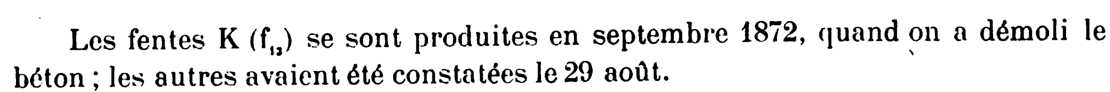
On décida alors de refaire en meulière à ciment les mauvaises parties des voûtes de 40m et de 30m rive gauche, après les avoir calées sur leurs cintres remontés.

Voici, avant cette nouvelle réfection, l'état de leurs reins (S''$_1$) :

Voûtes de 40m et de 30m rive gauche après le 3e décintrement — 3mm

f_{13} — Amont f_{14} — Aval





Les fentes K (f_{13}) se sont produites en septembre 1872, quand on a démoli le béton ; les autres avaient été constatées le 29 août.

Les fissures horizontales paraissent résulter du pilonnage par couches horizontales[6].

On refit en meulière, du 16 septembre au 30 décembre 1872, les parties *c* des croquis f_9, f_{10} (S'''$_1$) ; les parties *b* avaient été refaites après le décintrement de 1871.

8. Quatrième décintrement (1er avril 1873). — Cette fois, on ne constata pas de nouvelles fissures.

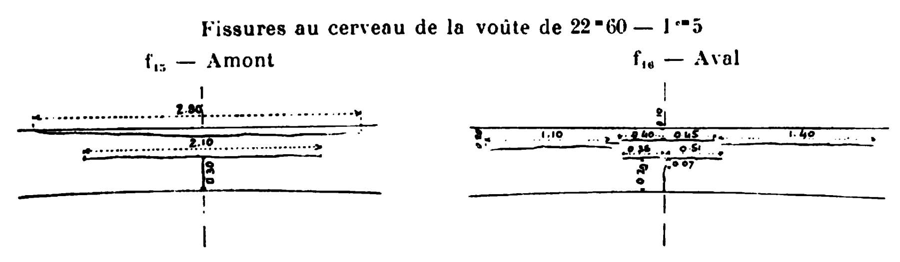
Voici les tassements à la clef[7] :

	Face amont	Face aval
1er avril. — Premier abaissement du cintre	0	1mm
Du 1er avril au 1er mai	7mm	7mm
1er mai. — Deuxième abaissement du cintre	0	0
Du 1er mai au 5 juin	2mm	0

6. On en constata, le 4 septembre 1872, à la voûte de 22m60 du même ouvrage, sur le chemin de Villeperrot, *laquelle est entre deux piles-culées* (f_{15}, f_{16}) (S''$_1$).

Fissures au cerveau de la voûte de 22m60 — 1cm5

f_{15} — Amont f_{16} — Aval



7. — Note du Conducteur (S$_1$).

En résumé, la voûte de 40m a été refaite trois fois.

On y avait accumulé toutes les difficultés (S_2) :

1° — le pont est biais à 70°;

2° — les piles étaient mal fondées, béton immergé sur gravier mal dragué;

3° — elles étaient entre deux arches inégales, 30m et 40m, à naissances dénivelées de 1m45. Leur épaisseur était réduite au 1/11e de la portée.

4° — le béton, employé là pour la première fois en grande voûte, avec mortier bâtard (chaux et ciment peut-être mal mélangés), était pilonné par couches horizontales.

5° — enfin, pour une voûte en ellipse de 40m surbaissée au 1/5e, on avait réduit l'épaisseur à la clef à 1m10.

5. Personnel.

Ingénieurs :

M. l'Inspecteur Général Belgrand, Directeur des Eaux et des Égoûts de Paris.

M. Humblot, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Entrepreneur : M. Prégermain.

SOURCES :

S_1. — Archives du Service technique des Eaux et de l'Assainissement de Paris, qu'a bien voulu mettre à ma disposition M. Colmet-Daage. Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur du Service,

en particulier :

S'_1. — « *Dessin... des cassures à la suite du décintrement des 8 et 9 novembre 1870* », 2 février 1871, Signé : Maréchal, Conducteur.

S''_1. — « *Rapports journaliers du Conducteur... sur le décintrement des 4 arches en rivière et sur les faits qui ont suivi ce décintrement* » (du 3 août au 21 août 1872, puis jusqu'au 4 septembre) Signé : Braye.

S'''_1. — « *Dessin des parties des Voûtes du Pont sur l'Yonne, qui ont été refaites en maçonnerie de moellons bruts de meulière et mortier de Ciment de Portland* », 25 avril 1874, Signé : Braye.

Dans son ouvrage : « *Les travaux souterrains de Paris, 1re partie : Les Eaux, — 2e Section : Les Eaux nouvelles* », M. Belgrand donne, pages 206 et 207, une photographie du Pont et, dans l'Atlas, quelques dessins, Pl. 34.

S_2. — Ce que j'ai vu — juillet 1908.



VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

Série $E^n F^r$ ($\geqslant 40^m$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole *En quoi consiste l'ouvrage*	PROJET — ENSEMBLE *Longueur* entre abouts des parapets Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	ENSEMBLE Largeurs { entre parapets / *entre tympans* sous la plinthe Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	GRANDES VOÛTES — INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure :* [*à la clef, aux naissances*	ÉPAISSEURS CORPS Clef *Milieu de la montée*	ÉPAISSEURS TÊTES Clef *Reins*	MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	PRESSIONS en kg/0m01² *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENT DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
sur la **Big Muddy River** *États-Unis* 1901-1903 E^n F^r ($\geqslant 40^m$) 1 *3 voûtes égales*	*175m 11* 4mm 18m50	{ 9m245 { *10m 058* Pas de fruit 1m37 de l'extrados au rail	Ellipse 42m,672 *9m 144* $\frac{1}{4,667} = 0,214$ [*49m 784* [*3m 919*	{ 1m,524 { *3m,16* environ	{ 1m,524 { *3m,16* environ	Béton de ciment à 1-2-5 Ciment de La Salle (Illinois) Résistance à la traction, à 1 pour 3 de sable normal : 15k à 7 jours 21k à 28 jours Durée de prise : 3h	avec surcharge sur toute la portée : 9126k par m. ct Pression — Max. / Moy. Clef 45k5 / 23k3 Reins 11k6 / 8k avec surcharge sur la demi-portée opposée : 9946k par m. ct Pression — Max. / Moy. Clef 47k7 / 23k9 Reins 13k0 / 10k3	1° Entre les cle[fs] de 2 arches voisines, 9 voûtes transversale[s] 8 vues, 1 masquée par un pilastr[e] en plein cintr[e] de 3m962, en béton arm[é] sur piles de 0m609 en béton arm[é] 2° *Archivolt[es]*

A VOIE NORMALE

SÉRIE E^nF^r (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

FONDATIONS ature du sol Profondeur ous l'étiage Pressions sur le sol n kg / 0m01² *Procédé*	EXÉCUTION — GRANDES VOÛTES — CINTRES — FERMES Type *Matière* Appareils de décintrement	FERMES Nombre *Épaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Cube de bois Poids de fer Dépenses Totaux	Cube de bois Poids de fer Dépenses par mq de douelle [2]	MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	TASSEMENTS DE LA CLEF sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v	CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D Totaux et par unité de surface utile S_p [3] / de volume « utile » W [4]
10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Voûte Nord							
Argile	Fixe *Bois* Coins	9 *25c4* 1m225 *38mm*			Béton pilonné par tranches	» *178 jours* 19 janvier	t_c = 42mm7 tête: ouest / est t'_v 70mm1 / 67mm	D = environ 647 500f (les anciennes fondations conservées) D : S_p = 400f21 D : W = 27f14
»	*Voûte centrale*							
»	Retroussé *Bois* Coins	9 *25c4* 1m225 *103mm*	On a pris 5 fermes à une voûte de rive, 4 à l'autre, pour faire le cintre de l'arche centrale.		— id. —	» *41 jours* 15 janvier	tête: ouest / est t_c 54mm / 42mm7 t'_v 21mm3 / 24mm4	
Pilotis	*Voûte Sud*							
êtes des pieux noyées ns du béton	Comme à la voûte Nord	9 *25c4* 1m225 *26mm*			— id. —	» *102 jours* 15 janvier	t_c – 33mm5 t'_v 27mm4	

ur le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*

3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.

4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets.

Pour S_p, W, voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE $E^n F^r$ ($\geqslant 40^m$)

MONOGRAPHIES

PONT SUR LA BIG MUDDY RIVER *(Illinois — ÉTATS-UNIS)*

Ligne de Chicago[1] à la Nouvelle-Orléans (Illinois Central Ry)

1901-1903 $E^n F^r$ ($\geqslant 40^m$)1

1. Historique. — Les fondations avaient été exécutées pour deux voies; les maçonneries en élévation, pour une.

Quand, en 1901, on dut poser la seconde, on ne put conserver les trois travées trop faibles pour les nouvelles machines, et on adopta trois arches en béton de 42^m672, reposant sur les anciennes fondations élargies et consolidées.

2. Epaisseur à la clef. — La formule empirique de Mr J. M. Rankine pour les ponts à plusieurs arches[2] donnait ici : 1^m60.

On a pris 1^m524 seulement, parce que le cerveau de la voûte est renforcé par le béton du tympan : les deux voûtes d'évidement du dessus de la clef s'arrêtent, en effet, à 1^m524 en arrière des têtes, le reste est plein.

3. Extrados. — C'est une ellipse qui, prolongée, serait tangente à la face extérieure de la pile.

Sa demi-portée est donc :

$$\frac{42^m672}{2} \text{ (demi-portée de l'intrados)} + 6^m553 \text{ (épaisseur de la pile)} = 27^m889.$$

4. « Matériau » des grandes voûtes. — Après études comparatives, on a adopté pour les grandes voûtes le béton de ciment, comme vite fait et un peu moins cher que le béton armé et que le métal.

1. — A 304 milles de Chicago, à 3 milles de la station de Carbondale.

2. — e_0 (épaisseur à la clef, en pieds) $= \sqrt{0,17\ \rho_0 \text{ (rayon de courbure à la clef, en pieds)}}$

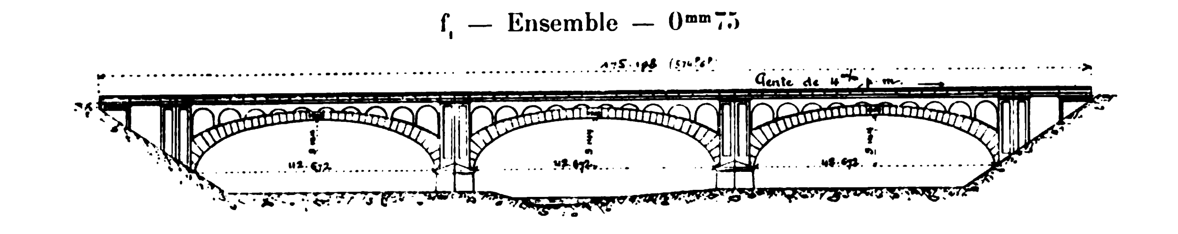
soit, en mètres : e_0 (en mètres) $= \sqrt{0,17 \times 0,3048 \times \rho_0 \text{ (en mètres)}} = 0,227 \sqrt{\rho_0 \text{ (en mètres)}}$

Pour les ponts à une seule arche, M. Rankine donne :

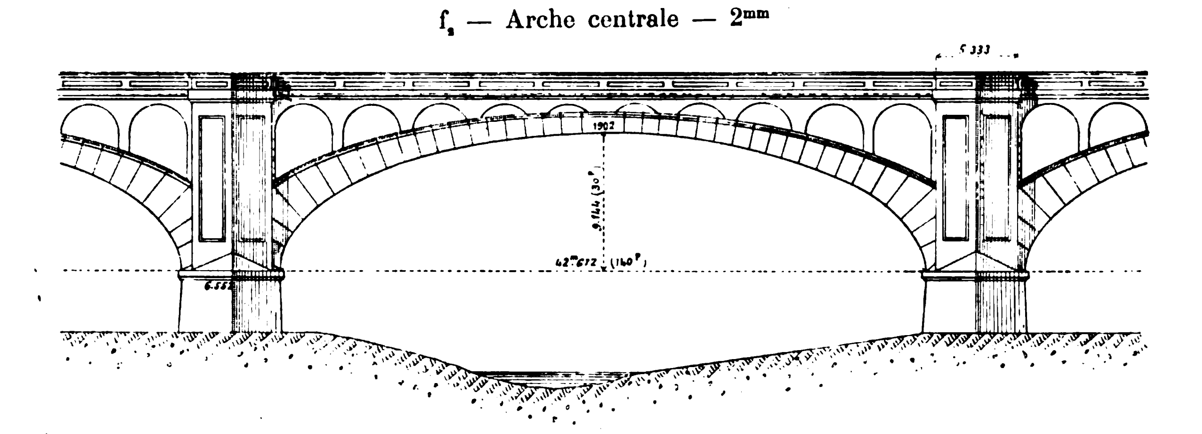
e_0 (en pieds) $= \sqrt{0,12\ \rho_0 \text{ (en pieds)}}$

soit : e_0 (en mètres) $= 0,191 \sqrt{\rho_0 \text{ (en mètres)}}$

f_1 — Ensemble — $0^{mm}75$

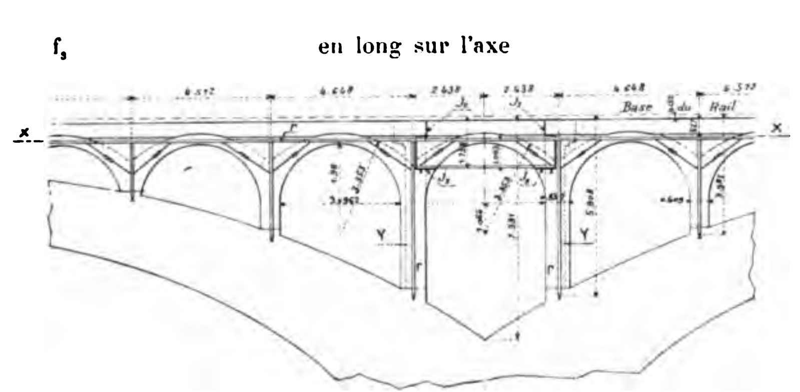


f_2 — Arche centrale — 2^{mm}



Coupes — 4^{mm}

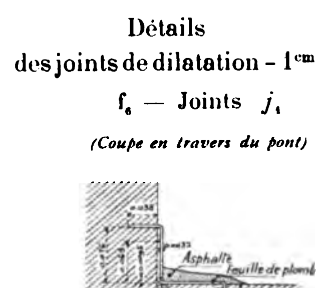
f_3 en long sur l'axe



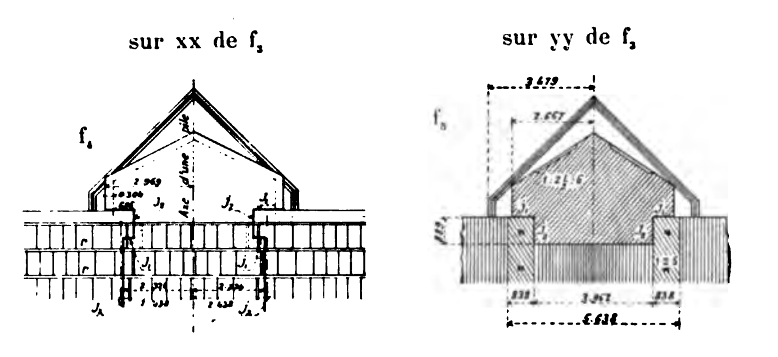
Détails des joints de dilatation - 1^{cm}

f_6 — Joints j_1

(Coupe en travers du pont)

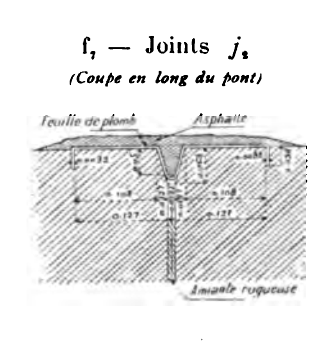


sur xx de f_3 — sur yy de f_3



f_7 — Joints j_2

(Coupe en long du pont)



On a augmenté le dosage, là où le béton était soumis à des efforts de sens contraires.

5. Voûtes d'évidement. — Par rapport à un remblai entre murs pleins, les voûtes d'évidement ont diminué de 6 tonnes la charge sur chaque pilotis, et ont augmenté légèrement la dépense.

Φ_1[3]



6. Armature des voûtes d'évidement, des plinthes et des parapets (f_3, f_4, f_5). — Les rails r sont assemblés en travers par des tiges qui les traversent, et, bout à bout, par des éclisses qui laissent un peu de jeu pour la dilatation.

7. Joints de dilatation (f_3 à f_7). — On a ménagé des joints longitudinaux j_1 et transversaux j_2, masqués en élévation : deux au-dessus de chaque pile, un à chaque culée.

Ils ont 12^{mm} d'épaisseur à la température ordinaire (S_1).

On a fourré les joints j_1 d'amiante comprimée permettant le glissement mutuel des deux surfaces, les joints j_2 de plusieurs feuilles d'amiante brute, élastique.

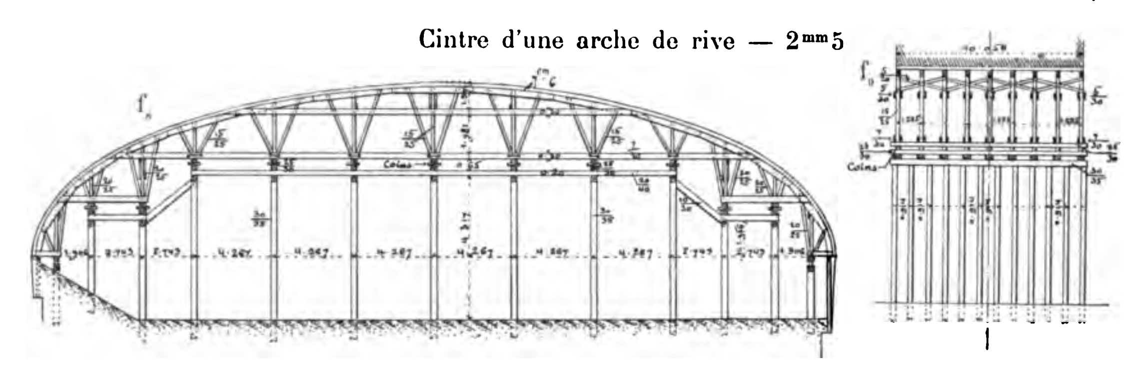
Le haut des joints est fermé par une feuille de plomb recouverte d'asphalte.

3. — Cliché de M. Christie, Expert-Photographe, à Chicago.

Les fers transversaux traversent j_1 dans des tuyaux : le tablier est ainsi maintenu en travers, tout en pouvant se mouvoir en long.

8. Cintres (f_8, f_9). — On a construit d'abord les deux arches de rive sur des cintres à 9 fermes ; puis, après clavage, on retira une ferme sur deux à chaque cintre, 5 à l'un, 4 à l'autre, en tout 9, qui constituèrent le cintre de l'arche centrale.

Cintre d'une arche de rive — 2mm5



Le milieu du cintre fut appuyé, non comme aux deux autres sur palées en bois (f_8, f_9), mais sur 5 travées métalliques de 18m29.

9. Reprise et consolidation des anciennes fondations.

A. – Piles. — Les piles et culées de l'ancien pont étaient fondées sur pieux battus dans l'argile.

On battit, tout autour, des pieux de chêne de 9m14 à 10m67 ; on les coiffa de béton descendu de 1m20 à 4m au-dessous des anciennes maçonneries.

B. – Culée Nord. — Elle était fendue : sa face antérieure s'était déversée vers la rivière. Des pieux recépés trop haut et le grillage en chêne placé dessus étaient pourris : on battit des pieux devant l'ancien massif, et on enleva, par petites quantités, l'argile sous la culée, en la remplaçant par du béton pilonné, dans lequel on noya des morceaux de rails.

Pendant ce travail, la culée continua à tasser de 20 à 25cm. Quand on arriva au niveau de l'ancienne fondation, elle ne tassa plus.

C. – Culée Sud. — On enleva l'argile et la terre sous le grillage ; on les remplaça par du béton ; on élargit la fondation.

10. Exécution des grandes voûtes. — On construisit d'abord les tranches 1 (f_{10}) ; puis on installa les cloisons séparant les autres tranches, et on les exécuta dans l'ordre des nombres du croquis f_{10}.

On soutint les tranches 4 pour les empêcher de glisser.

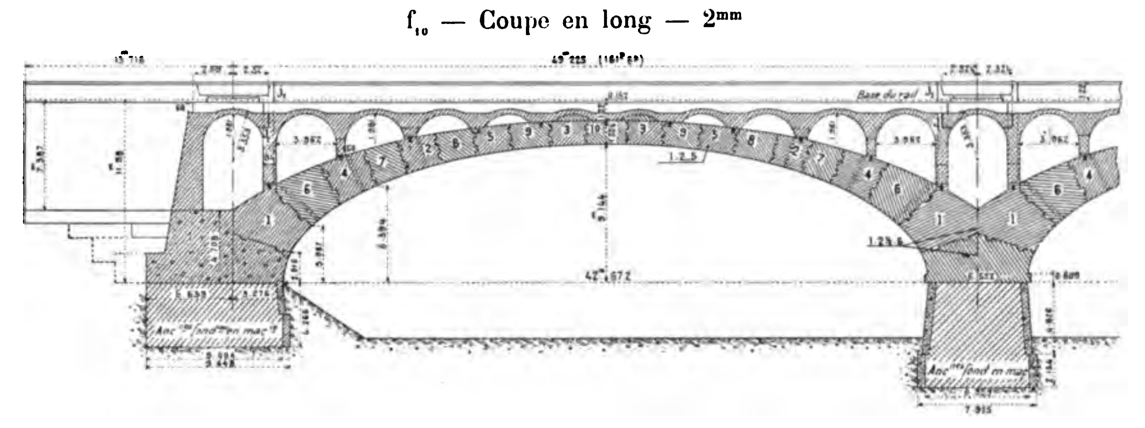
Le béton était légèrement pilonné[4].

Chaque tranche, en bandeau et en douelle, était limitée par des liteaux triangulaires : on adoucissait ainsi des arêtes qui auraient pu s'épaufrer sous la pression.

4. — « *Very little ramming was necessary to bring it to the quaking condition* » (S_4, p. 428).

Au milieu de l'intervalle entre les joints de tête ainsi formés, on en simulait d'autres : le bandeau paraît divisé en voussoirs de 1^m22 (Φ_1, f_1).

f_{10} — Coupe en long — 2^{mm}



Des liteaux, cloués sur les cloisons transversales, créaient, sur les surfaces de séparation des tranches, des rainures horizontales en saillie et en creux destinées à les bien lier (f_{10}).

On a recouvert les surfaces vues d'un crépi de mortier plus fluide, de 37^{mm} d'épaisseur.

Comme on l'a vu plus haut, on a clavé les deux voûtes de rive, puis enlevé la moitié de leurs fermes, c'est-à-dire qu'on les a réellement décintrées, le cintre de la voûte centrale n'étant pas en place.

Les piles seules contre-butaient alors leur poussée : on a constaté un déversement de la pile nord.

11. Décintrement. Tassements.

	Voûtes						
	Nord		Centrale		Sud		
Dates :							*a.* Tassement total de l'arche Nord, du clavage (25 juillet 1902) au décintrement complet (19 janvier 1903) y compris les variations de température (50° à 70° Fahr.)
du clavage	25 juillet 1902		5 décemb. 1902		5 octobre 1902		
du desserrage des coins à la voûte Nord	8-15 août 1902		»		»		
du décintrement complet	19 janvier 1903		15 janvier 1903		15 janvier 1903		
	Tête		Tête		Tête		
Tassements, en *m.m.* à la clef :	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	
des cintres, pendant le bétonnage des voûtes	42,7	42,7	54,9	42,7	33,5	33,5	*b.* On avait surhaussé davantage le cintre de l'arche centrale, en vue d'un tassement probable de la pile Nord sous le poids de la voûte centrale : cette pile paraissant avoir déjà cédé sous la poussée de l'arche Nord.
des voûtes :							
pendant l'enlèvement de la moitié des fermes	0	0	»	»	27,4	21,3	
depuis le décintrement partiel jusqu'après le décintrement total.	70,1[a]	67[a]	21,3	24,4	27,4	27,4	
totaux, depuis le commencement du bétonnage	112,8	109,7	76,2	67,1	88,3	82.2	
Surhaussements, en m.m., donnés aux cintres	38,1	38,1	106,6[b]	100,6[b]	24,4	27,4	

12. Mouvements produits par la dilatation. — On a placé contre les plinthes, en travers de chaque joint de dilatation j_2 (f_{10}), des règles en laiton munies d'un vernier permettant d'apprécier 0mm3.

Du 20 janvier au 23 mai 1903, à la plinthe Ouest de l'arche Nord, on observa des allongements de :

2mm1 au-dessus de la culée ;
1mm5 au-dessus de la pile ;
3mm6 en tout.

Pendant plus d'un mois, on ne constata aucun mouvement vertical.

13. Personnel.

Ingénieur : *Projet et Direction des travaux :* M. H. W. Parkhurst, « Engineer of Bridges and Buildings, Illinois Central R.R. », Chicago.

Entrepreneur : M. G. H. Scribner Jr, de Chicago.

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution qui m'ont été gracieusement adressés par M. A. S. Baldwin, Ingénieur en chef de l'Illinois Central, à Chicago.

S_2. — Engineering News, 12 novembre 1903, p. 423 à 429 : « *Concrete bridge over the « Big Muddy River, Illinois Central R. R.* », M. H. W. Parkhurst, M. Am. Soc. C. E.

Les dessins sont réduits de S_1.

Tout ce qui n'est pas spécifié de S_1 est de S_2.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE

SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

Série $E^1_h f^r_{(\geqslant 40^m)}$ [1]

1. Pour le sens de ce symbole, voir Préliminaires, p. 3 et 4.

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER

PONT Date Symbole	PROJET — ENSEMBLE: *Longueur* *entre abouts des parapets* Déclivités Hauteur maxima du rail au-dessus du sol ou de l'étiage	PROJET — ENSEMBLE: Largeurs {entre parapets *entre tympans* *sous la plinthe*} Fruit des tympans Revanche du rail sur l'extrados	PROJET — GRANDE VOÛTE: INTRADOS Portée *Montée* Surbaissement *Rayons de courbure :* *à la clef,* *aux naissances*	GRANDE VOÛTE: ÉPAISSEURS — CORPS Clef *Reins*	GRANDE VOÛTE: ÉPAISSEURS — TÊTES Clef *Reins*	GRANDE VOÛTE: MATÉRIAUX *Mortier* *Poids, pour 1mc de sable, de chaux ou de ciment*	GRANDE VOÛTE: PRESSIONS en $kg/\overline{0^m01}^2$ *Hypothèse adoptée* Surcharges supposées	1° ÉVIDEMENTS DES TYMPANS 2° *DÉCORATION DES TÊTES*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
de **Wiesen** *Suisse* 1907-1909 E^1_h fr (⩾ 40m) [1]	*214m* 35mm 88m12	4m00 (avant l'établissement de la passerelle.) *3m70* Fruit 1/40 1m615	Anse de panier surhaussée 55m00 *33m34* $\frac{1}{1,649}$ = 0,606 *22m* *36m50*	1m80 *3m016* *à 74°*	1m80 *3m016* *à 74°*	Bandeaux : PT [1] Granit Douelle et Queutage : Voussoirs de béton : ciment: 300k ou 546k ou 1 vol. sable: 0mc55 ou 1mc ou 2 vol. gravier: 1mc ou 1mc82 ou 3 v. 5 Résistance minima à 28 jours : 322k à 404k *Au-dessus de 74°* *Ciment 400k* *Résistance du mortier à 1 3 :* *à 7j. sous l'eau : 326k* *à 28j. — 426k*	Pression maxima : à la clef : 20k2 à 60° : 23k6 à 68° : 23k1 aux naissances : 20k6 *Arc élastique* *Méthode graphique Ritter* [6] 3 locomotives de 68T longues de 13m70, suivies de wagons de marchandises de 17T1	1° 8 voûtes transversales vues, en plein cintre, de 4m, sur piles de 1m à 1m40 2° »

1 Pour le sens de ces abréviations, voir Avertissement, page IV, n° 6.
6. Elle est exposée Tome V, Appendice.

A VOIE ÉTROITE SÉRIE $E_h^1 f^r$ (⩾ 40m)

TABLEAU SYNOPTIQUE

EXÉCUTION									CUBE DE MAÇONNERIE A MORTIER Q DÉPENSE D
FONDATIONS	GRANDE VOÛTE								
	CINTRE				MODE DE CONSTRUCTION	DÉCINTREMENT	TASSEMENTS DE LA CLEF		
	FERMES		Cube de bois Poids de fer Dépenses						
Nature du sol Profondeur sous l'étiage Pressions sur le sol en kg/0m01² *Procédé*	Type *Matière* Appareils de décintrement	Nombre *Épaisseur* Ecartement d'axe en axe *Surhaussement*	Totaux	par mq de douelle [2]		État d'avancement du Pont *Temps entre le dernier clavage et le décintrement* Date	sur cintre t_c au décintrement t'_v après t''_v		Totaux et par unité { de surface utile S_p [3] de volume « utile » W [4].
10	11	12	13	14	15	16	17		18
Rocher calcaire Muschelkalk	Retroussé sur 39m	4 *22c à 28c* 1m33	Bois : équarris: 494mc ronds : 590 planches de 5c : 24 1108mc	2mc65	A partir de 55° de la clef : 3 rouleaux Au 1er rouleau, 6 tronçons 11 clavages	Voûte nue	t_c = 100mm		$Q = 10017^{mc}$ $Q : S_p = 11{,}^{mc}7$ $Q : W = 0{,}^{mc}32$ $Q : W' = 0{,}^{mc}42$ [5]
»	*Sapin*				Au 2e rouleau, 6 tronçons 6 clavages	*4 jours*	t'_v = 0		
Pression maxima : 8k6	Boîtes à sable	*100mm à la clef, puis décroissant suivant la distance à la clef*	Fers : profilés, ronds, plats : 15T3 boulons : 6T4 21T7	51k9	Au 3e rouleau, 2 tronçons 1 clavage				$D = 446\,000^f$ $D : S_p = 520^f$ $D : W = 14{,}^f4$ $D : W' = 18{,}^f8$ [5]
Fouilles blindées	Coins		Dépense : 50000f env.	119f5	Joints matés au mortier à l'état de « terre de jardin humide »	14 octobre	t''_v = 0		

2. Pour le calcul de la surface de douelle, voir Avertissement, page V, n° 7 — *A*. 3. S_p = Longueur (col. 2) × Largeur entre parapets (col. 3) — C'est la surface offerte à la circulation.
4. W = Surface vue de l'élévation × Largeur entre parapets. 5. W' = Surface de l'élévation au-dessus des fondations × Largeur entre parapets.
Pour S_p, W, W', voir Avertissement, page V, n° 7 — *B*.

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE $E^1_h f^r$ (⩾ 40m)

MONOGRAPHIES

PONT SUR LE LANDWASSER A **WIESEN**[1] *(Grisons, - SUISSE)*

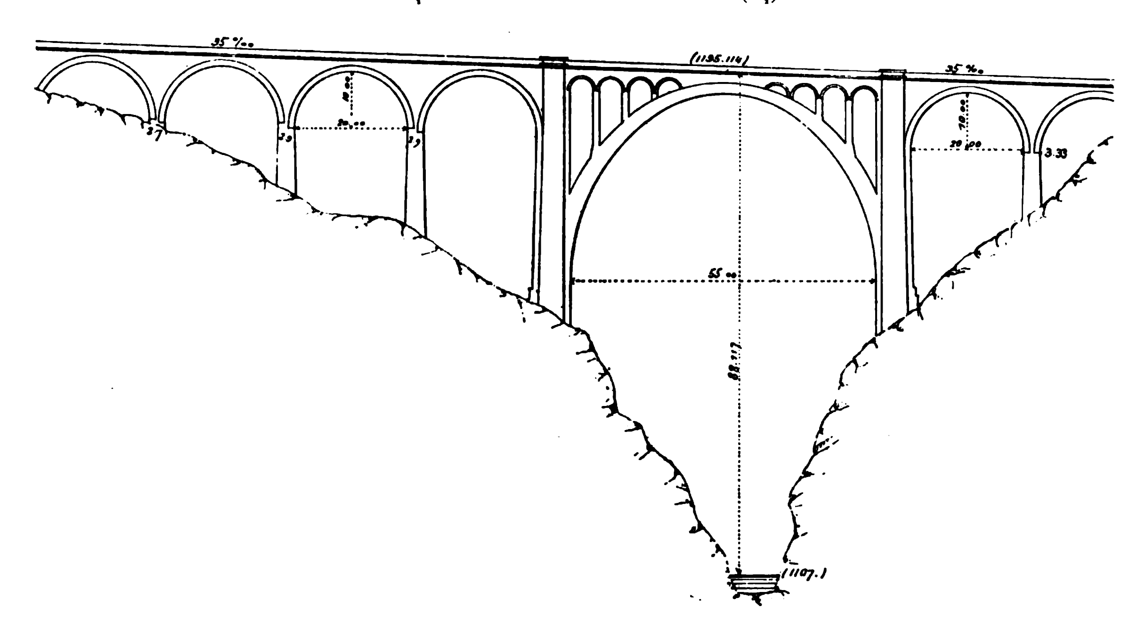
Ligne de Davos à Filisur, — Chemins de fer Rhétiques

1906-1909 $E^1_h f^r$ (⩾ 40m) 1

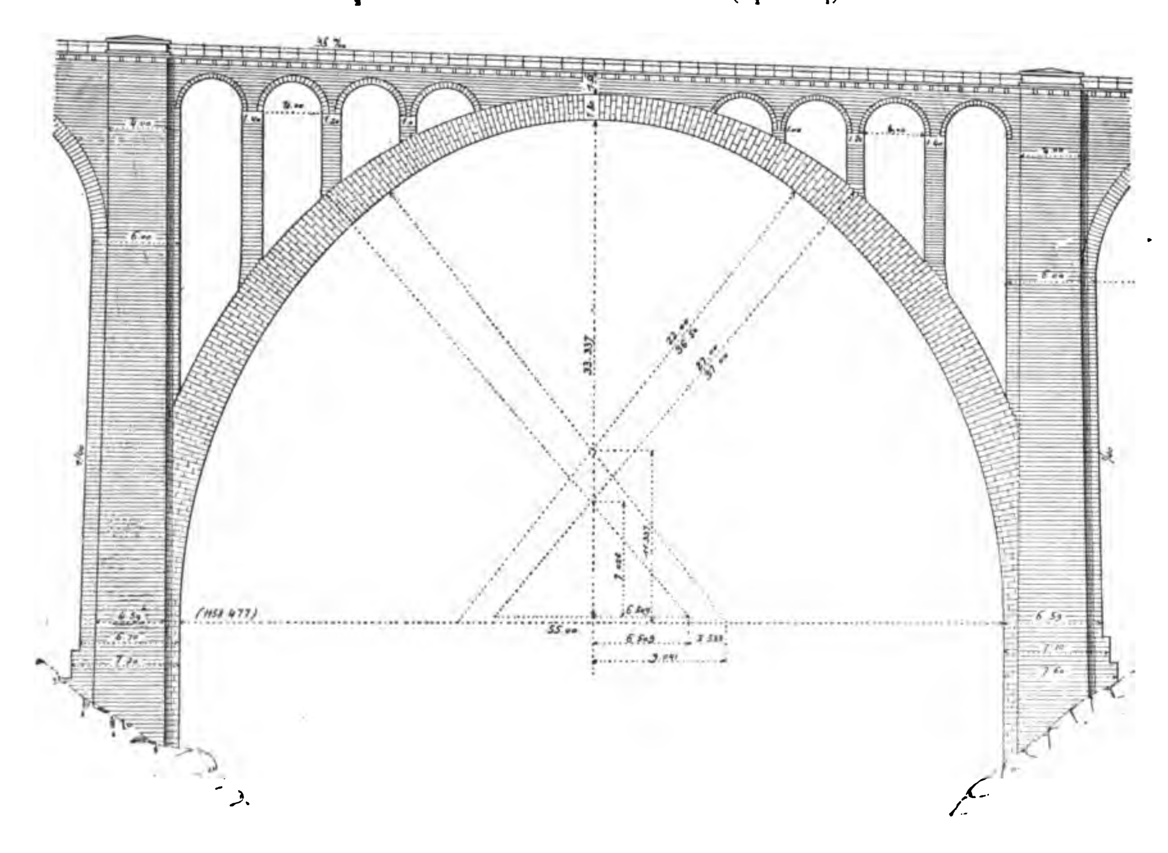
Φ_1 (S_4)

1 — à 250m vers Filisur de la gare de Wiesen.

f$_1$ — Ensemble — 0^{mm}75 (S$_1$)



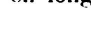
f$_2$ — Grande voûte — 2^{mm} (S$_1$ et Φ$_1$)



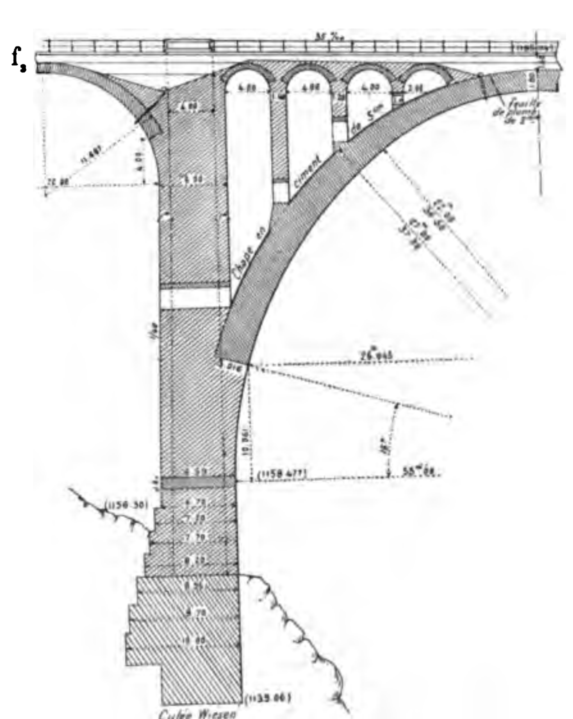
1. Intrados et extrados (S'$_1$). — Ce sont des anses de panier surhaussées, encadrant au mieux les courbes de pression.

On fit un premier essai avec une courbe Méry pour la demi-surcharge répartie sur toute la portée, puis on rectifia par les constructions de Ritter [2].

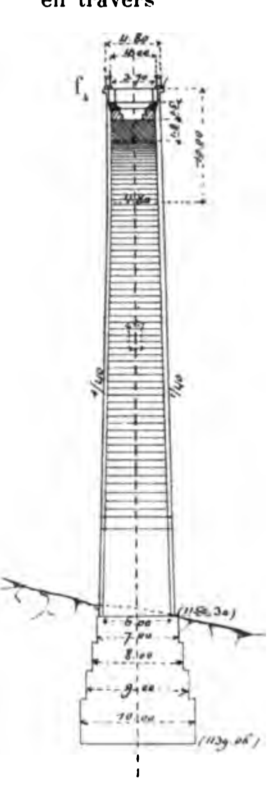
Coupes — 1^{mm}5



en long



en travers



2. Courbes de pressions (S'$_1$).

A. - Densité et coefficients admis dans les calculs.

Densité :

Maçonnerie à mortier	2.500
Remplissage en pierres sèches rangées à la main et gravier	1.900^k

Coefficients :

d'élasticité (en kg/mq)	$0{,}5 \times \overline{10}^9$
de dilatation	$8{,}8 \times \overline{10}^{-6}$

B. - Surcharges. — 3 locomotives de 68 tonnes, longues de 13^{m}70, suivies de wagons à marchandises de 17 tonnes.

C. - Tracé. — (S'$_1$). — Les courbes ont été tracées par la méthode graphique de Ritter [2] :

2. — La méthode Culmann-Ritter sera exposée dans l'Appendice, Tome V.

d'abord pour un anneau de 1m de largeur uniforme, arrêté au plan des naissances :
avec demi-surcharge sur toute la voûte ;
avec surcharge sur la demi-voûte (le premier essieu arrêté à la clef) ;
avec surcharge entière sur toute la voûte ;
puis sur la voûte entière, avec son fruit, prolongée jusqu'au rocher.
Le graphique f_2 donne les efforts maxima obtenus pour la voûte entière.

3. Matériaux (S_2).

A. - Piles des viaducs d'accès et piles-culées. — Elles sont coupées par des assises de béton de ciment pilonné dans un cadre de pierre de taille en parement.

B. - Voûtes d'évidement et d'accès. — Les voûtes d'évidement sont en béton damé ; celles de 20m, en voussoirs de béton moulé.

C. - Grande voûte. — Elle était prévue en muschelkalk avec bandeaux en granit.

Mais il a été difficile d'exploiter les carrières de muschelkalk et d'en travailler les matériaux.

On fit le corps de la voûte en voussoirs de béton de 50cm × 25cm en lit, et de 15cm, 17cm, 19cm, 21cm, 25cm d'épaisseur.

En voici la composition :	Ciment[3]	Sable	Gravier
Voûte de 55m	300k	0mc55	1mc
Voûtes de 20m	250k	0mc45	1mc

Le sable devait passer dans les mailles de 0cm4. Le gravier devait passer dans celles de 2cm5, mais rester sur les celles de 1cm2 : il y avait 39 à 40 % de vide.

Voici les essais faits au Laboratoire de Zurich, sur des cubes prélevés en cours de travaux :

Date de l'expérience	Age en jours	Nombre d'essais	Composition : 1mc de gravier et :		Résistance à la compression en kg/0m01²		
			Ciment (kilogs)	Sable (litres)	Min.	Max.	Moyenne
1908 - 27 juillet	8	3	250k	450l	232k	252k	241k
27 juillet	10	3	300	550	251	278	261
15 août	26	3	250	450	339	360	346
14-27 août	28	9	300	550	325	468	391
18 septembre	48-49	12	300	550	322	414	375
25 septembre	52-54	18	300	550	322	479	394
23 novembre	103-106	9	300	550	350	543	435
23 novembre	107-110	9	300	550	404	534	459
1909 - 10 avril	240-247	12	300	550	395	545	479

La pression maxima est de 23k6, soit le 1/15 de la résistance du béton à 100 jours.
Avec ces voussoirs réguliers de béton, on avait des joints minces.

3. — Le ciment provenait des usines Borner et Cie, de Wallenstadt (St-Gall, Suisse) et de la « Wallenstadter Roman - und Portland - Zementfabrik » d'Ennenda (Glaris, Suisse).

f_5 — Efforts maxima et minima à l'intrados et l'extrados

(en kg, $\overline{0^m 0\ 1^2}$)

1° Efforts partiels; dus :

- à la charge permanente et à la surcharge sur la 1/2 voûte côté Wiesen — P
- à la température, pour un écart de ± 35° à partir de + 10° — Θ
- à un vent horizontal de 100k { normal au Pont — V_n ; biais à 45° — V_b
- au freinage au $\frac{1}{6}$ — F
- à la courbe de la voie au-dessus de la culée Filisur — C

2° Efforts totaux

MAX $\beta = P + T + V_{(n\ ou\ b)} + F + C$

min $\beta = P - (T + V_{(n\ ou\ b)} + F + C)$

Les efforts Θ, V_n, F sont symétriques par rapport à la clef.

Les efforts V_n et F sont égaux à l'intrados et à l'extrados.

Extrados — Intrados — Intrados — Extrados

Culée Wiesen — Culée Filisur

min β — MAX β — F — Θ — P — P — Θ — Vn — Vb — F — MAX β — min β — C — Vn

Le béton, fait à la main, était pilonné dans des formes en bois, puis recouvert de toiles mouillées, et on ne l'employait qu'après deux mois de séjour dans le souterrain de Wiesen.

4. Chape (S_1). — On étalait d'abord une couche de 4^{cm} de ciment ; puis,

aux voûtes de 20^m, des plaques d'asphalte de 6 à 8^{mm} ;

aux voûtes d'élégissement, des plaques d'asphalte de 8 à 10^{mm} ;

au cerveau de la grande voûte, des feuilles de plomb de 2^{mm}.

On répandait ensuite par-dessus 20^{cm} de sable.

Des entailles dans les tympans recevaient les abouts des plaques d'asphalte ou des feuilles de plomb ; on les y scellait ensuite au ciment.

5. Cintre (S_1). — (f_6 à f_9).

A.- Dispositions à signaler. — On avait projeté un cintre métallique retroussé, formé de fermes paraboliques à trois articulations. Il était estimé 15.000^f, — moins que le cintre exécuté.

On y renonça, parce qu'il aurait retardé les travaux.

Le cintre exécuté est imité de celui de Solis [4, 5].

Il occupe, de chaque côté, 8^m (16^m en tout), réduisant la portée libre de 55^m à à 39^m.

Mais on n'avait pas cru pouvoir fonder l'ouvrage au bord même du gouffre.

Le cintre repose sur un massif de béton. Chaque moitié a été montée en encorbellement.

Les montants, contrefiches et arbalétriers sont terminés par des ⊔.

De plus, les arbalétriers sont boulonnés sur leurs appuis.

Le cintre est tenu par des câbles tendeurs et des fers ronds de 30^{mm} ancrés dans les piles-culées.

B.- Calculs — Le cintre a été calculé, nœud par nœud, pour la demi-épaisseur de la voûte, chaque ferme portant le 1/3 de la charge.

Angle de frottement de la pierre sur le platelage : 26°.

Coefficient d'élasticité (en kg/mq) : $1 \times \overline{10}^9$.

L'effort maximum, 21^k5, se produit dans le bas du chevalement.

6. Fondations des piles-culées (S_1).

A.- Rive droite. — On descendit jusqu'au muschelkalk en place (trias alpin), à travers des éboulis rocheux, dans des fouilles solidement boisées.

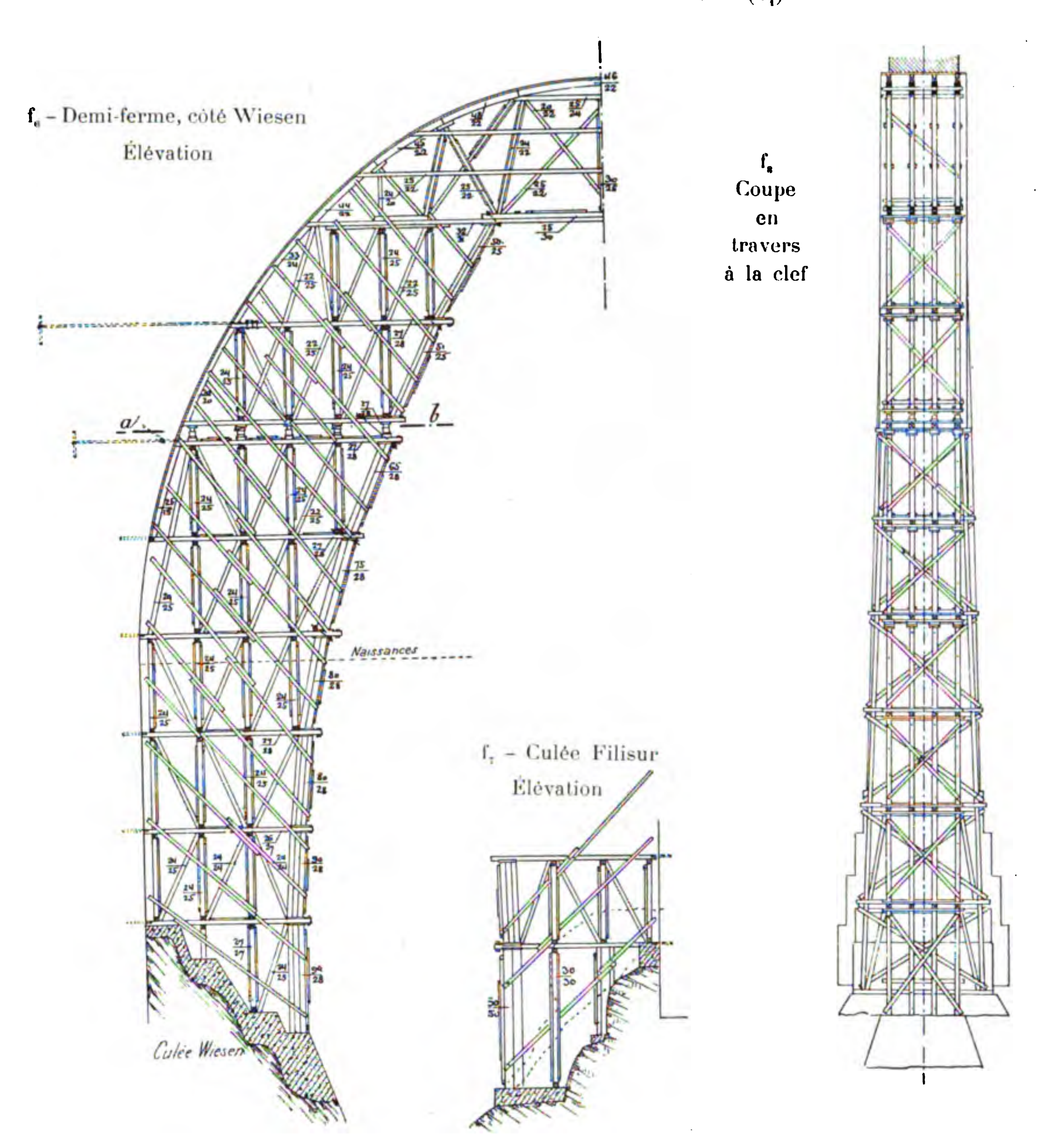
B.- Rive gauche. — On descendit sans boisages sur " l'Arlbergkalk " à travers le " Rauhwack ".

4. — C^1 f^r (⩾ 40^m)1 - Tome I, p. 57.

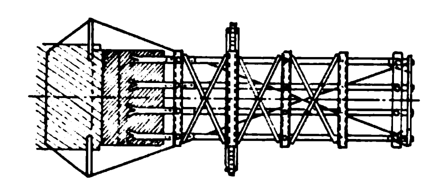
5. — Projeté, comme celui de Wiesen, par M. Marasi, Ingénieur en chef de l'Entreprise.



Cintre — 2mm5 (S1)



f9 - Coupe sur *ab* de f6



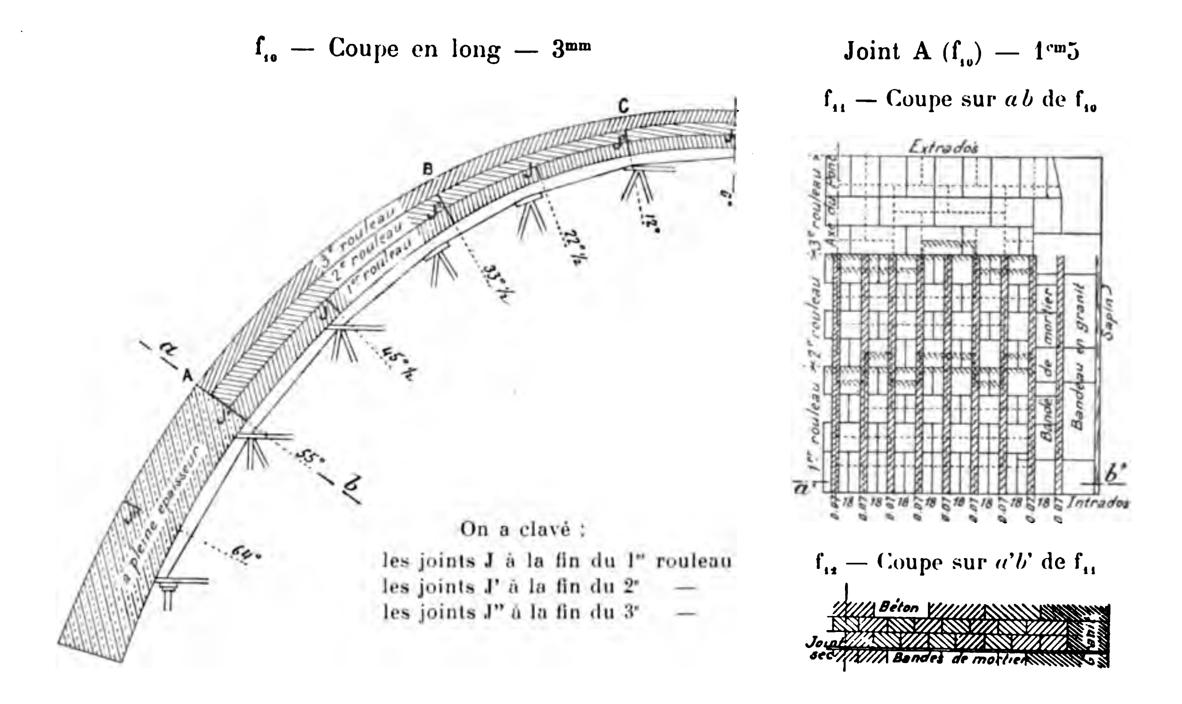
Sur les deux rives, on tailla le rocher en gradins avec de larges marches horizontales; on maçonna à ciment jusqu'à 0m50 au-dessus du gradin supérieur.

7. Grande voûte (S_2). — On l'a construite à pleine épaisseur jusqu'à 55°, en ménageant un joint sec sur le 1/3 supérieur du joint à 64°; puis, en 3 rouleaux (f_{10}).

f_{10} — Coupe en long — 3mm

Joint A (f_{10}) — 1cm5

f_{11} — Coupe sur *ab* de f_{10}



f_{12} — Coupe sur *a'b'* de f_{11}

A. — 1er et 2e rouleaux. — Le premier devait porter le deuxième sans faire travailler le cintre. Il a été calculé comme un arc élastique.

Il a, à la clef, les 44 % de l'épaisseur totale[6].

Il a été attaqué en 6 points, à 55°, 33°½ et 12°, et coupé en outre par deux joints secs à 45°½ et 22°½, soit 11 clavages.

Le deuxième rouleau a été attaqué aux mêmes points : 55°, 33°½, 12°.

Les joints secs étaient maintenus par des bandes de mortier de ciment de 6 à 7cm, espacées de 18cm; aux têtes, par des liteaux de sapin qu'on enlevait au ciseau au moment du clavage (f_{11}, f_{12}).

Les matages se faisaient au mortier de ciment à l'état de « terre de jardin humide ».

6. — « *Ce rapport est en remarquable concordance avec celui des trois ponts classiques français de « Lavaur, Antoinette, Castelet* » (S_2).

M. Studer rappelle que le rapport des épaisseurs à la clef : $\frac{e'_0 \text{ (1}^{er}\text{ rouleau)}}{e_0 \text{ (voûte entière)}}$ était :

au pont Antoinette : 1/2,25 (= 44/100)
au pont de Lavaur : 1/2,45 (= 41/100)
au pont du Castelet : 1/2,50 (= 40/100)

Il pense que ces rapports ont été déterminés par le calcul.

Non.

B.– 3e rouleau. — Les deuxième et troisième rouleaux avaient à peu près la même épaisseur.

Le troisième fut construit sans interruption à partir des joints à 55°.

On a ancré dans les bandeaux 16 tirants en fers plats de $10^{mm} \times 70^{mm}$, longs de 3^m50.

8. Décintrement (S_2). — On installa un homme à chaque boîte à sable et à chaque paire de coins. On descendit le cintre successivement de $0^{cm}5$, 1^{cm}, 2^{cm}, 3^{cm}.

9. Voûtes de 20^m (S_2). — Elles furent construites en deux rouleaux, le premier en 4 tronçons avec 3 clavages.

5 tirants en fer relient les bandeaux.

10. Dates (S_2).

Commencement des fondations	octobre 1906
Commencement des maçonneries en élévation :	
Pile-culée rive droite	4 juin 1907
Pile-culée rive gauche	27 août
Grand cintre :	
Commencement de la taille des bois	10 mars 1908
Montage avec 1 maître charpentier et 12 charpentiers	22 avril-1er août
Exécution de la grande voûte :	
Partie à pleine épaisseur jusqu'à 55°	6-23 août
1er rouleau, à partir de A, B, C (f_{10})	25 août-4 septembre
Clavages à 0°, 22° ½, 45° ½	5-6 septembre
2e rouleau, à partir de A, B, C (f_{10})	10-23 septembre
Clavages à 12°, 33° ½, 55°	24 septembre
3e rouleau	25 septembre-10 octobre
Décintrement de la grande voûte (nue)	14 octobre
Achèvement des viaducs d'accès	7-9 octobre
Achèvement des maçonneries jusqu'aux consoles et pose de la chape	18 octobre
Consoles, plinthes, parapets, passerelle en bois de 1^m20 pour touristes, sur la gauche du viaduc, payée par les communes de Davos et Filisur	Printemps 1909
(Cette passerelle n'embellit pas l'ouvrage).	
Ouverture à l'exploitation (S_3)	1er juillet

11. Personnel (S_2, S_3).

Ingénieurs :

Projet : M. P. Saluz, Ingénieur en chef des Chemins de fer Rhétiques.

Calculs de stabilité, calculs du cintre et Direction des Travaux : M. Hans Studer, Ingénieur.

Entreprise : Société Davos-Filisur.

Ingénieur en Chef : M. G. Marasi, de Turin (S_3).

SOURCES :

S_1. — Dessins d'exécution, gracieusement communiqués, en novembre 1909, par M. Saluz.

S_2. — Schweizerische Bauzeitung, 19 juin 1909, p. 319 à 324 ; 26 juin 1909, p. 336 à 340 : « *Die Bahnlinie Davos-Filisur* », von Oberingenieur P. Saluz.

S'_2. — Id., 3 juillet 1909, p. 1 à 10 : « *Die Bahnlinie Davos-Filisur, — Statische « Berechnung des grossen Bogens am Wiesener-Viadukt* », von Ingenieur Hans Studer.

S_3. — Renseignements que m'a très aimablement adressés, en octobre 1909, M. Studer qui avait bien voulu m'accompagner au pont.

S_4. — Ce que j'ai vu — août 1909.

PONTS DÉCRITS DANS LE TOME I

INDEX ALPHABÉTIQUE

33.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME I

1RE PARTIE. — VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I. - DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40^m ET PLUS DE PORTÉE. TABLEAUX SYNOPTIQUES. — MONOGRAPHIES.

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE $C^1 r^{te}$ ($\geqslant 40^m$)

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE C^1 r^{te} ($\geqslant$ 40^m) *(Suite)*

MONOGRAPHIES :

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE C¹ Fʳ (⩾ 40ᵐ)

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE C¹ fʳ (⩾ 40ᵐ)

VOÛTES INARTICULÉES EN PLEIN CINTRE C *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE C^n r^{te} ($\geqslant$ 40m)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE C^n F^r ($\geqslant$ 40m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE E[1] r[te] (⩾ 40m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS ROUTE

SÉRIE E[1] r[te] (⩾ 40m) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE E^1 F^r ($\geqslant 40^m$)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n r^{te} ($\geqslant 40^m$)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n r^{te} ($\geqslant 40^m$) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULEES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE E^n r^te^ ($\geqslant 40^m$) *(Suite)*

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS EN DEUX ANNEAUX
A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS ROUTE

SÉRIE $E^n E^n r^{te}$ ($\geqslant 40^m$)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE E *(Suite)*

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CONDUITE D'EAU (AQUEDUCS)

SÉRIE E^n aq ($\geqslant$ 40m)

PONTS A PLUSIEURS GRANDES ARCHES SOUS CHEMIN DE FER A VOIE NORMALE

SÉRIE E^n Fr ($\geqslant$ 40m)

VOÛTES INARTICULÉES EN ELLIPSE SURHAUSSÉE E_h

PONTS A UNE SEULE GRANDE ARCHE
SOUS CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

SÉRIE E_h^1 f^r ($\geqslant$ 40m)

ERRATA

DU TOME I

Page 188, Tableau synoptique **E**^{n} **E**^{n} r^{te} ($\geqslant$ 40^{m}), col. 6 :

10e ligne : au lieu de *2^{m}65,* lire *2^{m}59.*

20e ligne : au lieu de *2^{m}55,* lire *2^{m}52.*

Page 194, Monographie **E**^{n} **E**^{n} r^{te} ($\geqslant$ 40^{m})^{1}, — n° 2. — *A* :

19e ligne : au lieu de $\frac{p^2}{R}$, lire $\frac{p^2}{a}$.

Voir aussi l'**Errata général,** à la fin du Tome V.

GRANDES VOÛTES

PAR

Paul SÉJOURNÉ

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES
INGÉNIEUR EN CHEF DU SERVICE DE LA CONSTRUCTION
DE LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

TOME I

1RE PARTIE — VOÛTES INARTICULÉES

LIVRE I. — DESCRIPTION DES PONTS QUI ONT OU AVAIENT DES VOÛTES INARTICULÉES DE 40m ET PLUS DE PORTÉE

PLEINS CINTRES ET ELLIPSES

BOURGES
IMPRIMERIE Vve TARDY-PIGELET ET FILS
15, RUE JOYEUSE, 15
—
1913